

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национально исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст
Факультет «Техники и технологии»

Кафедра " Технологии машиностроения, станков и инструментов "

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,

А.В. Козлов
_____ 2017 г

Разработка методики и оснастки для контроля точностных параметров осевых
систем опорно-поворотного устройства СМ-690

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
15.03.05.2017.091.ПЗ ВКР

]]] .

г. Златоуст
2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте
Факультет «Техники и технологии»
Кафедра «Технологии машиностроения, станков и инструментов»
Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

УТВЕРЖДАЮ

ой
А.В. Козлов)
__20/17 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Шульгина Дмитрия Борисовича
(Фамилия, Имя, Отчество полностью)
Группа ФТТ-531

- 1 **Тема** работы Разработка методики и оснастки для контроля точностных параметров осевых систем опорно-поворотного устройства СМ-690 утверждена приказом по университету от « 28 » апреля 2017 г. № 835
 - 2 **Срок сдачи** студентом законченной работы 24 июня 2017 г.
 - 3 **Исходные данные** к проекту (работе)
 - 1 Чертеж общего вида опорно поворотного устройства (ОПУ)
 - 2 Чертеж узла ОПУ
 - 3 Описание конструкции ОПУ
 - 4 Методика проведения измерений отклонения от перпендикулярности осей
 - 5 Материал преддипломной практики
-

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение

1 Анализ исходных данных. Описание узла ОПУ. Служебное назначение ОПУ. Оценка обеспечиваемых точностными параметрами элементов выходных параметров точности. Сравнение способов контроля геометрических параметров технологического оборудования. Выводы.

2 Конструкторский раздел. Разработка схемы проведения контроля. Контроль положения и выставление азимутальной оси А. Контроль положения и выставление опор угломестной оси h. Расчет отклонения от перпендикулярности азимутальной А и угломестной оси h. Расчет отклонения от перпендикулярности угломестной h и сканирующей оси U. Проектирование переходных колец контрольных зеркал для геометрического контроля осей h и U. Выводы.

3 Безопасность жизнедеятельности. Анализ производственных факторов. Требования к безопасности проведения работ. Требования к квалификации исполнителей. Расчет параметров микроклимата участка сборки. Выводы.

4 Организационно-экономический раздел. Техничко-экономическое обоснование результатов работы. Затраты на научно-исследовательскую работу. Выводы.

Заключение

Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Опорно-поворотное устройство – 2 листа
2. Обзор устройств контроля – 1 лист
3. Схема проведения контроля – 2 листа
4. Методика проведения контроля – 1 лист
5. Пример проведения контрольных измерений – 1 лист
6. Приспособление для контроля – 1 лист
7. Экономические показатели – 1 лист

Всего 9 листов

6 Консультанты по проекту (работы), с указанием относящихся к ним разделов проекта

| Раздел | Консультант | Подпись, дата | |
|--------------------------------|--------------|---------------|---------|
| | | _____ | _____ П |
| Безопасность жизнедеятельности | А.В. Бобылев | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7 Дата выдачи задания 29.05.2017

Руководитель Дерябин Игорь Петрович
(ФИО)

Задание принял к исполнению 29.05.2017

Студент-дипломник Шульгин Дмитрий Борисович
(ФИО)

(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Наименование этапов дипломной работы | Срок выполнения этапов работы | Отметка о выполнении |
|---|----------------------------------|-------------------------|
| Введение | 31.05.2017 | |
| Обзорный анализ | | |
| Расчетный раздел | 01.06.2017 | |
| Конструкторский раздел | 05.06.2017 | |
| Безопасность жизнедеятельности | 09.06.2017 | |
| Организационно-экономический раздел | 16.05.2017 | |
| Оформление проекта | 19.06.2017 | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Зав. кафедрой _____

_____/А.В. Козлов/

Руководитель проекта _____

_____/И.П. Дерябин/

Студент-дипломник _____

_____/Д.Б. Шульгин/

АННОТАЦИЯ

Шульгин, Д.Б. Разработка методики и оснастки для контроля точностных параметров осевых систем опорно-поворотного устройства СМ-690. – Златоуст, филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, 2017. – 87 с. 13 ил., библиогр. список – 13 наим., 1 прил., 1 лист чертежей ф. А3, 1 плакат ф. А0, 1 плакат ф. А1х3, 6 плакатов ф. А1

Важнейшим показателем опорно-поворотного устройства является точность. В настоящей работе разработана методика и оснастка для контроля точностных параметров осевых систем опорно-поворотного устройства СМ-690.

На основе проведенного анализа контрольных устройств был подобран теодолит оптический ЗТ2КА. В процессе разработки проведена оценка точностных параметров устройства, обзор методов и средств контроля ОПУ СМ-690. Разработанная схема контроля, схема установки контрольных зеркал, а также разработанная методика контроля, позволяет качественно оценить отклонение от перпендикулярности осей ОПУ СМ-690 и повысить точность позиционирования и сопровождения оптическим телескопом космических объектов за счет регулировки опор и установки соответствующих прокладок в процессе контроля. В работе произведен расчет параметров микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 цеха № 69, а также произведен расчет трудоемкости научно-исследовательской работы (НИР) и расчет сметы затрат на НИР.

15.03.05.2017.091 ПЗ

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Разработка методики и оснастки для контроля точностных параметров осевых систем опорно-поворотного устройства СМ-690 Пояснительная записка | | | | | | | |
|--------------|----------|----------|-------|------|---|--|--|--|--|--|------|--------|
| | | | | | | | | | | Лит. | Лист | Листов |
| | | | | | | | | | | 6 | 87 | |
| | | | | | | | | | | Филиал ФГАОУ ВПО «ЮУрГУ (НИУ)» в г.Златоусте | | |
| | | | | | | | | | | Кафедра «ТМСИ» | | |
| Инв. № подл. | Разраб. | | | | | | | | | | | |
| | Пров. | | | | | | | | | | | |
| | Т.контр. | | | | | | | | | | | |
| | Н.контр. | | | | | | | | | | | |
| | Утв. | | | | | | | | | | | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Зам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| 1 Конструкция, назначение и область применения опорно-поворотного устройства СМ-690 | 10 |
| 1.1 Назначение и область применения..... | 10 |
| 1.2 Устройство и принцип действия..... | 10 |
| 1.3 Технические требования, предъявляемые ОПУ СМ-690 | 12 |
| 1.4 Вывод по разделу один | 12 |
| 2 Обзор методов и средств контроля | 13 |
| 2.1 Процессы технологии контроля..... | 13 |
| 2.2 Оптический способ контроля | 14 |
| 2.3 Лазерный способ | 18 |
| 2.4 Вывод по разделу два | 23 |
| 3 Разработка методики и оснастки для контроля точностных параметров устройства | 24 |
| 3.1 Разработка схем контроля | 24 |
| 3.2 Контроль положения и выставление азимутальной оси А | 25 |
| 3.2.1 Подготовка к проведению контроля | 25 |
| 3.3 Контроль положения и выставление опор угломестной оси h | 27 |
| 3.3.1 Подготовка к проведению контроля | 27 |
| 3.4 Расчет взаимного положения опор СМ-690.СБ14-15 и СМ-690.СБ14-20 угломестной оси, расчет величин регулировочных перемещений . регулировка положения опор | 30 |
| 3.5 Предварительный расчет отклонения от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей. Расчет прокладок | 32 |
| 3.6 Контроль отклонения от перпендикулярности угломестной h и сканирующей U осей. Регулировка положения угломестной оси для обеспечения перпендикулярности осей h и U | 33 |
| 3.6.1 Контроль положения оси сканирования | 33 |
| 3.6.2 Расчет параметров положения и качества вращения оси сканирования | 36 |

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.6.3 | Расчет отклонения от перпендикулярности угломестной и сканирующей осей. Расчет параметров регулировки взаимного положения угломестной оси и оси сканирования | 39 |
| 3.6.4 | Расчет параметров положения оси сканирования, для регулировки положения базовой плоскости «Г» средника СБ15 | 41 |
| 3.7 | Контроль биений оси А и h, перпендикулярности этих осей с установленным габарито массовым макетом центрально оптического модуля (ГММ ЦОМ) | 42 |
| 3.7.1 | Подготовка к проведению измерений | 42 |
| 3.7.2 | Контроль биений азимутальной оси | 43 |
| 3.7.3 | Контроль биений угломестной оси | 43 |
| 3.7.4 | Расчет биений азимутальной оси. Расчет отклонений от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей | 43 |
| 3.7.5 | Расчет биений вращения угломестной оси | 45 |
| 3.8 | Средства измерений, вспомогательные средства, материалы | 47 |
| 3.9 | Устройство и принцип работы приспособлений для контроля осей | 48 |
| 3.10 | Вывод по разделу три | 49 |
| 4 | Безопасность жизнедеятельности | 50 |
| 4.1 | Оценка факторов трудового процесса при контроле точностных параметров ОПУ СМ-690..... | 50 |
| 4.2 | Расчет параметров микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 цеха №69 | 53 |
| 4.3 | Вывод по разделу четыре | 55 |
| 5 | Технико-экономическое обоснование результатов работы | 56 |
| 5.1 | Расчет трудоемкости научно-исследовательской работы (НИР) | 56 |
| 5.2 | Затраты на НИР | 57 |
| 5.3 | Вывод по разделу пять | 62 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 63 |
| | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 64 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРОТОКОЛЫ РАБОТ | 65 |

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время оптико-электронные средства (по традиции их часто называют оптическими телескопами) играют первостепенную роль в обнаружении и контроле космических объектов, особенно на больших расстояниях. Несомненными и уникальными достоинствами оптических телескопов являются возможность обнаружения удаленных объектов при солнечном или лазерном под свете на фоне ночного или сумеречного неба, включая возможность обнаружения в инфракрасном диапазоне длин волн по их собственному тепловому излучению, высокие точности определения угловых координат, возможность получения оптических изображений космических объектов и высокоточных фотометрических измерений их оптического блеска.

Разработка опорно-поворотных устройств и систем управления ими для задач контроля околоземного космического пространства является одной из самых сложных задач современного прецизионного приборостроения. Это связано с тем, что опорно-поворотное устройство и системы электромеханического управления, решающие задачу совмещения оптической оси телескопа и оптического изображения в его фокальной плоскости, должны обеспечивать уникально высокое качество наведения.

Основные функциональные характеристики таких комплексов в значительной степени определяются реальной точностью слежения за наблюдаемыми объектами. В решении подобных задач важную роль играет конструктивное исполнение всех элементов измерительного телескопа и его опорно-поворотного устройства, представляемое в данном дипломном проекте.

Цель работы – повышение точности позиционирования и сопровождения оптическими телескопами космических объектов за счет контроля действительных значений параметров точности и опорно-поворотного устройства (отклонения от перпендикулярности азимутальной оси A и угломестной оси h , отклонения от перпендикулярности угломестной оси h и оси сканирования U , качества вращения осей A , h и U и приведение параметров в соответствие с требованиями конструкторской документации.

Идея работы заключается в разработке методики и оснастки для контроля точностных параметров устройства, необходимые с целью повышения точности позиционирования и сопровождения современных оптико-электронных комплексов контроля космического пространства.

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|-----------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист 9 |
| | | | | | | |

1 Конструкция, назначение и область применения опорно-поворотного устройства СМ-690

1.1 Назначение и область применения [1,2]

Опорно-поворотное устройство СМ-690 (ОПУ) — предназначено для опоры телескопа и его наводки на объект наблюдения. Данный телескоп осуществляет контроль космического и воздушного пространства в нескольких диапазонах излучений, не ограничиваясь при этом пассивным наблюдением. Он определяет расстояние до объекта, его скорость, размеры, траекторию, производит идентификацию, автоматически обрабатывая информацию.

ОПУ СМ-690 предназначено для:

- монтажа на нем специальных оптических блоков (ОБ);
- монтажа на нем навесной аппаратуры;
- программного наведения ОБ;
- обеспечение всех видов штатных и вспомогательных работ проводимых на многофункциональном оптическом локационном комплексе;
- измерения углового положения осей ОПУ и выдачи результатов измерений во внешние каналы связи.

1.2 Устройство и принцип действия

ОПУ и системы электромеханического управления, призванные решить задачу совмещения оптической оси телескопа и оптического изображения в его фокальной плоскости, должны обеспечивать уникально высокое качество наведения. Причем такое качество наведения должно обеспечиваться при значительных вращающихся массах (масса ОПУ до 10000 кг без ОБ), а также при наличии существенно нелинейных моментов трения, в том числе в подшипниковых узлах и кабельном переходе, при наличии переменных моментов электродвигателя, ветровых и динамических нагрузок, с учетом конечной жесткости конструкции ОПУ.

Для управления угловым положением оптической оси в пространстве оптический телескоп устанавливается в опорно-поворотное устройство СМ-690, которое выполнено со взаимно-пересекающимися перпендикулярными осями вращения блоков А, h и U изображенными на рисунке 1.

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инт. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист 10 |
| | | | | | | |

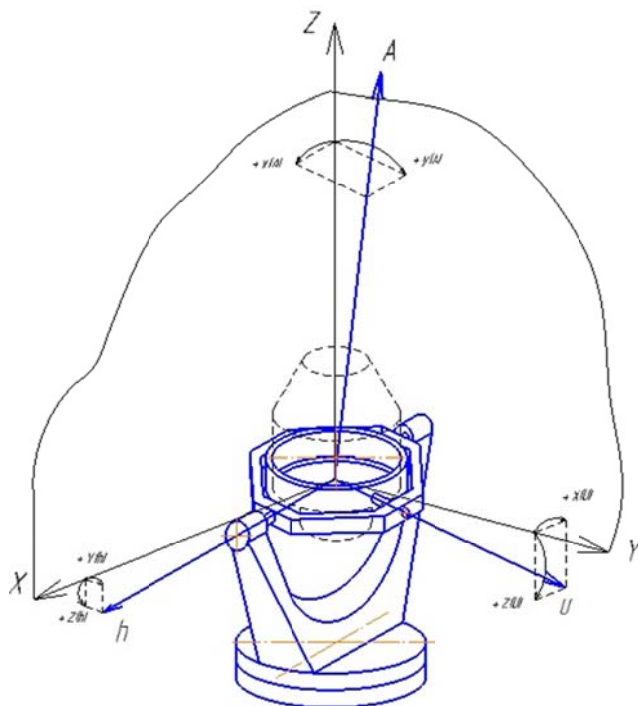


Рисунок 1 – Система координат СМ-690 и правила знаков отклонений параметров

Нули отсчетных устройств по азимутальной оси А, угломестной оси h и оси сканирования U соответствуют положению, при котором ось А выставлена в астрономический зенит, а h и U лежат в горизонтальной плоскости и расположены перпендикулярно к азимутальной оси А и по отношению к друг другу.

Диапазон изменения рабочих углов поворота ОПУ СМ-690 составляют (п. 1.1.2 СМ-690ТУ):

- по оси А $\pm 270^{\circ}$;
- по оси h от 0° до 85°
- по оси U $\pm 0,5^{\circ}$;

Максимальные угловые скорости поворотов при переустановке осей ОПУ СМ-690 составляют (п. 1.1.3 СМ-690ТУ):

- по оси А до $35^{\circ}/с$ при ускорениях до $15^{\circ}/с^2$;
- по оси h до $20^{\circ}/с$ при ускорениях до $15^{\circ}/с^2$.

Максимальные угловые скорости поворотов по осям А и h при программном наведении до 20° при ускорениях до $5^{\circ}/с^2$, по оси U – до 1° при ускорениях до $10^{\circ}/с^2$.

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|

1.3 Технические требования, предъявляемые к ОПУ СМ-690 [2]

В соответствии с требованиями ТЗ и техническими условиями СМ-690ТУ, опорно-поворотное устройство должно отвечать следующим требованиям по точности расположения и качества вращения осей А, h и U:

— отклонение азимутальной оси от вертикали в статике (в цеховых условиях предприятия – изготовителя) с установленными габаритно-массовыми макетами (ГММ) ОБ не должно превышать 10 угловых секунд (п. 1.5.9 СМ-690ТУ);

— максимальные биения осей монтировки относительно их средних положений в диапазоне рабочих углов наведения должны быть не более 5 угловых секунд (п. 1.5.10 СМ-690ТУ);

— отклонение от перпендикулярности осей А и h монтировки в статике должно быть не более 5 угловых секунд (п. 1.5.11 СМ-690ТУ);

— отклонение от перпендикулярности осей h и U в статике должно быть не более 5 угловых секунд (п. 1.5.12 СМ-690ТУ).

1.4 Вывод по разделу один

Опорно-поворотное устройство СМ-690 имеет следующие конструктивные особенности:

— по типу ОПУ СМ-690 представляет собой трехосное опорно-поворотное устройство, выполненного в виде азимутально-угломестной монтировки.

— по точностным параметрам СМ-690 относится к прецизионным ОПУ, в следствии чего, к контролю его точностных параметров предъявляются повышенные требования.

Указанные особенности приводят к необходимости использования специальной методики и оснастки для оценки его точностных параметров, уточнения методов расчета параметров положения и биений осей А, h, и U, а также к необходимости использования наиболее точного метода и средств контроля.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

15.03.05.2017.091 ПЗ

Лист

12

2 Обзор методов и средств контроля [3]

2.1 Процессы технологии контроля

Контроль прямолинейности, соосности и расположения узлов технологического оборудования и других крупных технических объектов имеет специфические особенности среди других видов контроля геометрических параметров. К таким особенностям, прежде всего, относят специфические способы, методы и средства измерений, присущие, как правило, контролю данного типа параметров. Технология контроля прямолинейности, соосности и расположения изделий машиностроения состоит из трех основных процессов:

1) проектирование операций контроля, включающее:

- выбор объектов, параметров и процессов контроля, назначение точности измерения параметров;

- выбор схем и методов контроля параметров с разработкой схем размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), расчетом точности измерения элементов геометрических схем, назначением методов и средств измерений;

- разработку методов обработки результатов измерений и форм отчетной документации по контролю;

2) проведение контроля крена на объекте, включающее:

- изготовление и установку КИА;

- подготовку персонала, приборов, приспособлений;

- разработку правил техники безопасности и пожарной безопасности при проведении контроля;

- выполнение измерений;

3) обработку и анализ результатов измерений, включающих:

- проверку и обработку первичной документации;

- уравнивание результатов измерений;

- вычисление отклонений параметров и, при активном контроле, их приращений;

- построение графиков;

- интерпретацию результатов;

- заполнение паспорта объекта или составление технического отчета.

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Имп. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 13 |

2.2 Оптический способ контроля

При монтаже промышленного оборудования и конструкций широко используют оптические приборы для выверочных и контрольных операций, связанных со сборкой узлов и деталей, а также с установкой оборудования в проектное положение. С помощью их выполняют выверку при установке реперов и пакетов подкладок под оборудование, проверяют высотное положение монтируемого оборудования, его горизонтальность, вертикальность и проектный уклон, а также контролируют соосность узлов машины, прямолинейность и перпендикулярность как плоскостей, так и элементов оборудования. Выверку в горизонтальной и вертикальной плоскости — с использованием теодолита.

Теодолиты – это легкое и компактное геодезическое оборудование, пригодное для эксплуатации в разных климатических условиях. Теодолиты широко используются в прикладной геодезии, строительстве, астрономии, а также в инженерном и военном деле. Теодолиты работают на аккумуляторе, имеют прямое или обратное изображения и характеризуются удобством и надежностью в работе, а теодолиты российского производства пригодны для эксплуатации в условиях низких температур. Во избежание поломки эти приборы необходимо переносить и хранить в специальной упаковке.

Теодолиты относятся к геодезическим приборам, предназначенным для измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности. Прибор включает в себя горизонтальный и вертикальный круг с делениями, систему отсчитывания и зрительную трубу. При использовании прибора зрительная труба теодолита, установленного на штатив, наводится на точку, а расчет производится по кругам.

Типы теодолитов

Теодолиты распределены на несколько основных типов в зависимости от принципа работы, особенностей конструкции, сферы использования и точности измерений. По принципу работы различают такие типы теодолитов, как механические, оптические, электронные и лазерные. Механический теодолит, в конструкции которого нет оптических и электронных компонентов, имеет механическую систему наведения. Цена теодолита самая низкая, но этот прибор можно использовать только для работы, не требующей максимальной точности измерений. Самым совершенным считается лазерный теодолит, а самым популярным - оптический теодолит. Это доступный по цене теодолит, который, правда, уступает по своим функциональным возможностям электронному

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист 14 |
| | | | | | | |

теодолиту, имеющему специальное устройство для фиксации и обработки полученных результатов. По особенностям конструкции различают два типа теодолитов - повторительные и простые. Приборы первого типа позволяют производить измерения способом повторений, так как лимб и алидада имеют раздельное и совместное вращение, а в конструкции простых теодолитов цилиндрическая ось прочно скрепляется с алидадой. Типы теодолитов по сфере использования включают в себя строительные, военные, учебные, астрономические, маркшейдерские и гироскопические теодолиты, а по своей основной характеристике эти приборы классифицируются на высокоточные, точные и технические.

Оптический теодолит

Оптический теодолит, изображенный на рисунке 2, представляет собой геодезический прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов, оснащенный зрительной трубой. Этот прибор позволяет также измерять расстояние до объекта и производить нивелирование с использованием уровня зрительной трубы. Оптические теодолиты дают возможность считывать показания за счет вертикального и горизонтального лимба на внешней части прибора, но можно купить теодолит, в котором показания шкалы лимба видны через дополнительный визир. Оптический теодолит находит свое применение в строительстве, в изыскательских и геодезических работах, в реконструкции машин, прокладке трубопроводов, при топографической съемке, межевании земли и в других сферах деятельности. Компактные размеры, работа на аккумуляторе и прямое изображение оптических теодолитов значительно упрощают их эксплуатацию. Оптический теодолит оснащен компенсатором, благодаря которому исключаются погрешности измерений из-за наклона теодолита при работе. Этот прибор можно использовать при сложных погодных условиях, в том числе при низких температурах.

| | | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Интв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

| |
|------|
| Лист |
| 15 |



Рисунок 2 – Оптический теодолит

Электронный теодолит

Электронный теодолит, в отличие от оптического, полностью исключает ошибки измерений благодаря микропроцессору, выполняющему автоматические расчеты. Это прибор с внутренней памятью и информативным дисплеем, на который выводятся значения углов. Кроме этого, к электронному теодолиту можно подключать дополнительные устройства для расширения его функций и сферы применения. Электронный теодолит часто используется для геодезической съемки на местности, а для повышения качества съемки прибор обычно оснащается целеуказателем. Электронный теодолит Nikon NE представляет новое поколение строительных теодолитов в корпусе с улучшенной пыле- и влагозащитой, что позволяет производить работы с теодолитом в сложных условиях. Теодолиты компании Sokkia не менее востребованы – это отличные электронные теодолиты, исключающие любые ошибки и погрешности снятия отсчета.

Оптический способ позволяет с большой точностью произвести контрольные операции. Визирный метод измерений является самым распространенным при контроле прямолинейности и соосности крупногабаритного оборудования. Он основан на визировании зрительной трубой с фокусирующим устройством на целевые знаки марок различной конструкции.

Метод прямого визирования, изображенный на рисунке 3, заключается в отыскании кривой, образованной от точек координат перекрестия центра метки,

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | |
| Инд. № подл. | |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

| |
|------|
| Лист |
| 16 |

относительно координатных осей теодолита. Автоколлимационный метод, изображенный на рисунке 4, заключается в следующем: вдоль проверяемой плоскости из трубы от низковольтной лампочки посылается пучок света с изображением шкалы, попадающей на плоское зеркало, от которого пучок параллельных лучей, отразившись, возвращается в коллиматор, в его окуляре наблюдают положение этого луча и по величине отклонения судят о биении проверяемой оси. Такая установка носит название автоколлиматорной оптической системы. При выверке отдельных узлов оборудования на них последовательно ставят зеркало. Для установки автоколлиматора строго горизонтально он снабжается уровнем.

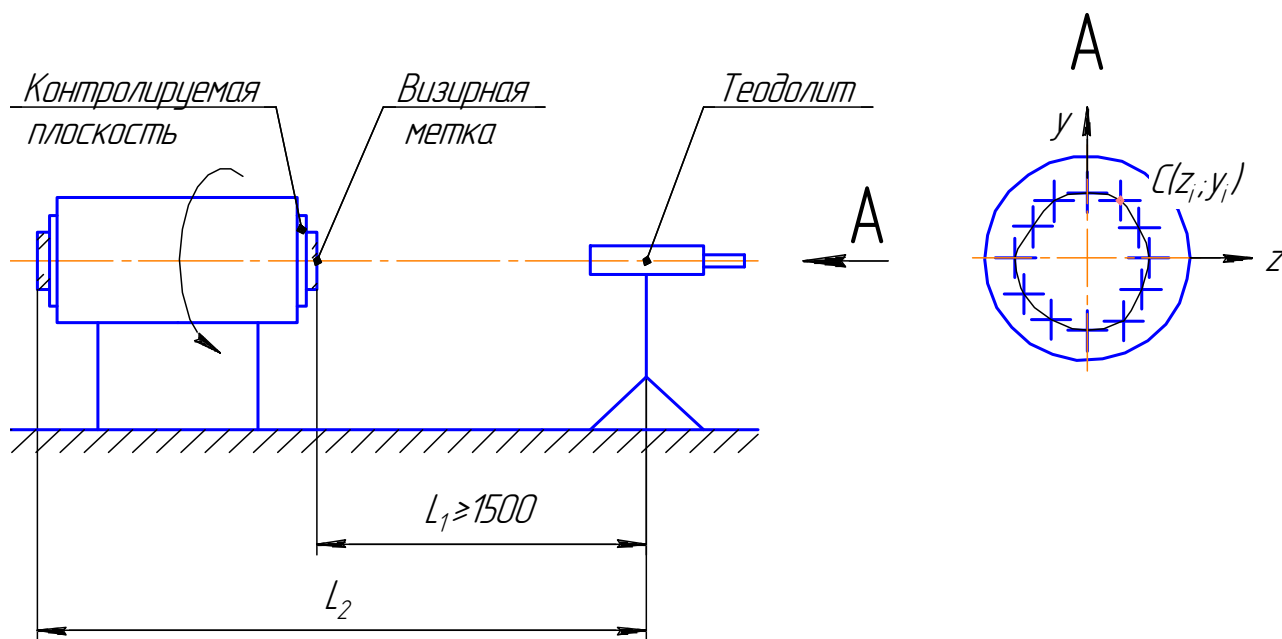


Рисунок 3 – Метод прямого визирования

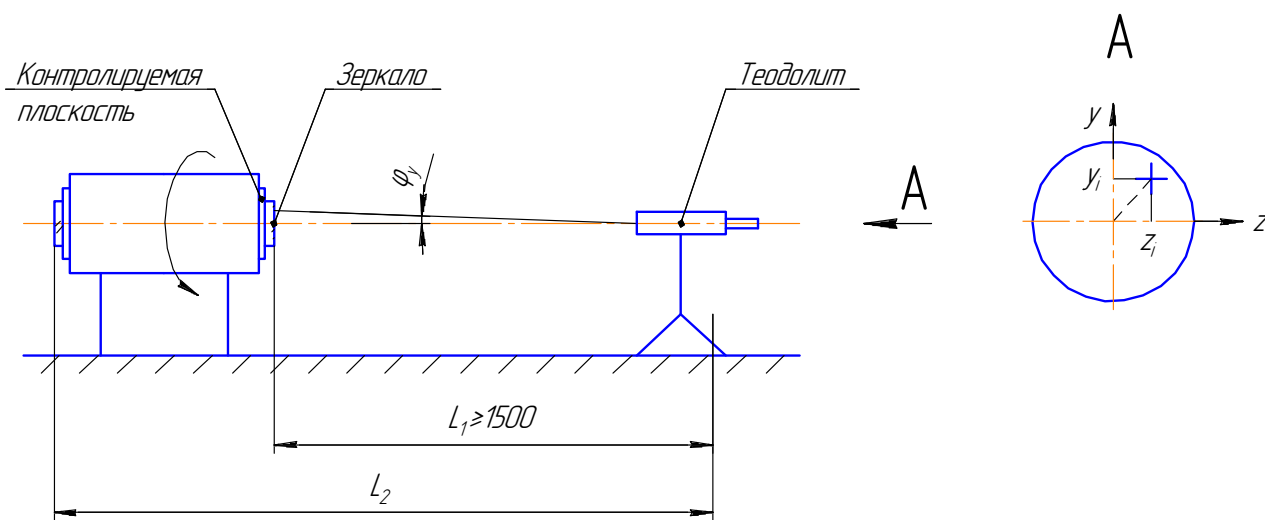


Рисунок 4 – Автоколлимационный метод

Наведение теодолита на зеркало при работе методом авто коллимации осуществляется для решения нескольких задач:

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | |
| Изм. | Лист |
| № докум. | Подпись |
| Дата | |

- получение автоколлимационного изображения сетки нитей зрительной трубы от зеркала, не ориентированного в пространстве;
- установка визирной оси теодолита перпендикулярно заранее установленному, ориентированному в пространстве зеркалу;
- установка плоскости зеркала перпендикулярно заданному направлению визирной оси зрительной трубы.

2.3 Лазерный способ

Лазерные измерительные системы и приборы для контроля прямолинейности, отклонения формы и расположения элементов машин и агрегатов с помощью лазерных измерительных систем в качестве измерительной базы или опорного направления (реперной оси) используют пучок излучения оптического квантового генератора (лазера). Одной из разновидностью лазерных измерительных систем, является лазерный трекер, изображенный на рисунке 5.



Рисунок 5 – Лазерный трекер

Практически все отечественные серийно выпускаемые промышленностью и опытные образцы лазерных измерительных систем построены на основе стандартных оптических квантовых генераторов (газовых ОКГ). Преимущества газовых лазеров обусловлены высокой монохроматичностью излучения, простотой накачки активной среды, малым углом расхождения луча, одночастотным и

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

непрерывным режимом работы, наиболее стабильными энергетическими и геометрическими параметрами луча.

Среди существующих измерительных лазерных систем могут быть выделены следующие:

- лазерные системы для выверки узлов оборудования и конструкций;
- включающие лазерные геодезические приборы и приборы для контроля;
- плоскостности, параллельности, перпендикулярности, соосности и взаимного расположения поверхностей;
- лазерные системы измерений линейных размеров;
- лазерные дальномерные системы;
- лазерные контурные системы, включающие голографические;
- установки;
- лазерные измерители перемещений.

Первые системы являются универсальными и представляют наибольший интерес для широкого круга строителей и монтажников. Лазерные системы измерений линейных размеров наиболее широко применяют в машиностроении и приборостроении, а лазерные контурные измерительные системы – в самолето-, судо- и автомобилестроении для контроля форм деталей путем бесконтактного обмера их отдельных сечений, для активного контроля обводообразующих элементов технологической оснастки, а также для других целей.

Лазерные измерители перемещений (интерферометры) – наиболее точные измерительные средства, предназначенные для измерений методом перемещений.

По способам приема информации о положении контролируемого объекта лазерные измерительные системы для выверки оборудования могут быть разделены на визуальные, фотоэлектрические, фотоэлектронные.

С помощью пассивных измерительных систем лишь регистрируют результаты измерений. В активных системах путем автоматической передачи команд на исполнительные органы обеспечивается перемещение позиционно-чувствительных датчиков и выверяемого элемента. Среди лазерных средств контроля различают системы задания направления, створных измерений, нивелирования, контроля отклонений от прямолинейности, соосности, плоскостности и перпендикулярности, измерения углов, а также универсальные системы.

Большинство простейших лазерных измерительных систем создано на базе традиционных оптических приборов, в основном, геодезических. Число лазерных

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |
| | | | | | |

геодезических приборов, применяемых при контроле монтажа технологического оборудования, трубопроводов и конструкций, непрерывно возрастает во всех странах.

Современные специализированные лазерные измерительные системы для контроля геометрических параметров представляют собой оптико-электронные устройства, состоящие из ряда типовых блоков и специальной установочной оснастки для базирования приборов.

Лазерные геодезические приборы, применяемые при монтаже и контроле строительных конструкций, машин и агрегатов в зависимости от вида геодезических работ, выполняемых с их применением, делят на четыре группы: визиры, приборы вертикального проектирования, нивелиры и теодолиты.

Лазерный теодолит

Лазерный теодолит представляет собой прибор со встроенным лазерным излучателем, смонтированным над зрительной трубой. Лазерный теодолит совмещает в себе функции электронного теодолита и лазерного визира: лазерный луч используется как целеуказатель, а результаты измерений выводятся на дисплей. Лазерный излучатель позволяет получать как сфокусированный луч для максимально точного наведения на объект, так и параллельный лазерный луч. Эти приборы имеют разную мощность излучения для работы с теодолитом на разных расстояниях от объекта. Лазерный теодолит – один из самых точных и удобных в эксплуатации приборов для измерения углов, к тому же время работы с теодолитом заметно сокращается.

Лазерными визирами называют приборы, позволяющие задавать оптическим лучом определенное направление в пространстве – опорную линию (реперную ось), относительно которой производят необходимые измерения.

Лазерные нивелиры и лазерные теодолиты получили большое распространение для контроля прямолинейности и плоскостности строительных конструкций и некоторых видов технологического оборудования.

К специализированным лазерным системам и приборам для выверки строительных конструкций, машин и агрегатов относятся лазерные системы и приборы, созданные для контроля отклонений форм и расположения поверхностей оборудования и его элементов – взаимного положения отдельных агрегатов в технологических линиях, а также для задания базовых и координатных осей при разметке, выверке и сборке отдельных узлов в процессе монтажа и ремонта.

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № дубл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Подп. и дата |
| Инд. № подл. | Изм. |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

Специализированные лазерные приборы для выверки оборудования обычно имеют более высокую точность, чем лазерные визиры, теодолиты и нивелиры, но меньшую дальность. Эти приборы отличаются также конструктивным оформлением и более компактны, чем геодезические приборы.

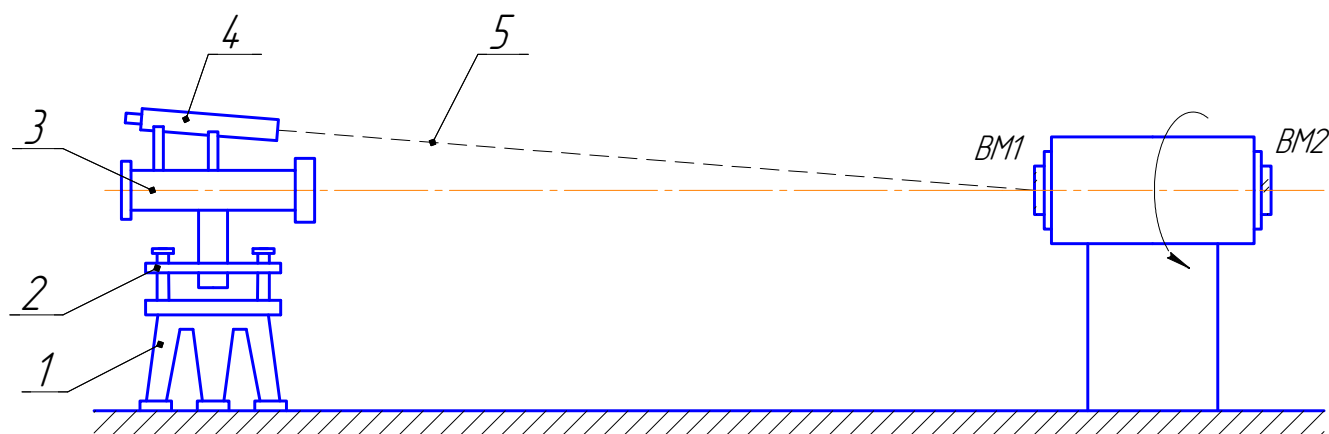
Обслуживающий персонал может быть невысокой квалификации. Поэтому они более перспективны для применения при монтаже технологического оборудования промышленных объектов.

Принцип работы лазерной установки основан на использовании пучка излучения оптического квантового генератора (лазера) в качестве измерительной базы для контроля расположения деталей (узлов) монтируемого оборудования и его формы. Лазерная установка состоит из двух основных узлов: лазерного излучателя и блока питания. В настоящее время получили распространение гелий-неоновые лазеры с газоразрядной трубкой. На электроды трубки подают высокое напряжение, и частицы газа испускают свет. Лазерный луч имеет диаметр 1...2 мм с углом расходимости 5... 10. Он несет отчетливо наблюдаемую световую энергию, в отличие от визирной оси оптических приборов, что значительно упрощает технологию выверки оборудования. С увеличением расстояния до 50 м диаметр луча увеличивается до 75... 100 мм, при этом интенсивность его световой энергии ослабляется, поэтому после излучателя устанавливают оптическую систему — коллиматор, уменьшающий угол расходимости луча. По способам приема измерений величин отклонений лазерные приборы подразделяются на визуальные и фотоэлектрические. Ряд лазерных приборов используется на дистанции до 100 м с обеспечением точности $\pm 0,02$ мм на длине 10 м.

Согласно схеме совмещения лазерного пучка с визирной осью, изображенной на рисунке 6, для установки лазерного прибора над определенной точкой его крепят соединительным винтом к штативу 1 через подставку 2, обеспечивающую вертикальное положение оси прибора при его установке и неизменное направление осей лазерных пучков в процессе работы. Прибор снабжен центрировочным отвесом нитяного или оптического типа и уровнем для получения горизонтального или вертикального направления лазерного пучка. Кроме того, прибор имеет коллиматор — как правило, геодезическую зрительную трубу 4 для фокусировки пучка и наведения его на заданную точку или направление. Лазерный пучок направляется в зрительную трубу 4 оптическими призмами, зеркалами или волоконной оптикой, где он совмещается с визирной

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 21 |

осью 5 трубы так, чтобы световое пятно пучка совпало с перекрестием сетки трубы в точке наведения, видимой в оптическую трубу.



1 — штатив; 2 — подставка; 3 — лазерный прибор; 4 — зрительная труба; 5 — ось зрительной трубы; 6 — точка наведения; 7—ось лазерного пучка; BM1 и BM2 — начальная и конечная марки.

Рисунок 6 – Схема совмещения лазерного пучка с визирной осью

Принцип лазерного контроля технологического оборудования заключается в установке его в проектное положение путем регулировочных перемещений с одновременным контролем пространственного положения оборудования лазерным прибором в пределах допускаемых отклонений.

2.4 Вывод по разделу два

В заключении можно подвести итог, что для данной работы наиболее целесообразен метод автоколлимации, так как по сравнению с методом прямого визирования он наименее трудоемкий и более точный, а средство контроля – теодолит автоколлимационный ЗТ2КА, так как погрешность его измерений удовлетворяет требуемой точности контроля, а также экономически выгоден, по сравнению с лазерными средствами измерений.

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

15.03.05.2017.091 ПЗ

3 Разработка методики и оснастки для контроля точностных параметров устройства

3.1 Разработка схем контроля

Для данного образца ОПУ наиболее целесообразным является метод контроля основанный на измерениях отклонений нормалей контрольных зеркал, при этом для оси h контрольное зеркало КЗ1 устанавливается на правой опоре СМ-690.СБ-14-15, а КЗ2 на левой опоре СМ-690.СБ-14-20. Для контроля качества вращения и положения оси сканирования U , блок контрольных зеркал устанавливается на крышку СМ-690.12-119 с внешней стороны яра СМ-690.12-12, и на фланец СМ-690.12-176 с внутренней стороны яра СМ-690.12-12.

Для контроля качества вращения и положения азимутальной оси A , на плиту СМ-690.09.140 устанавливаются два квадранта оптических КО-10.

Общая схема контроля точностных параметров ОПУ СМ-690 изображена на рисунке 7.

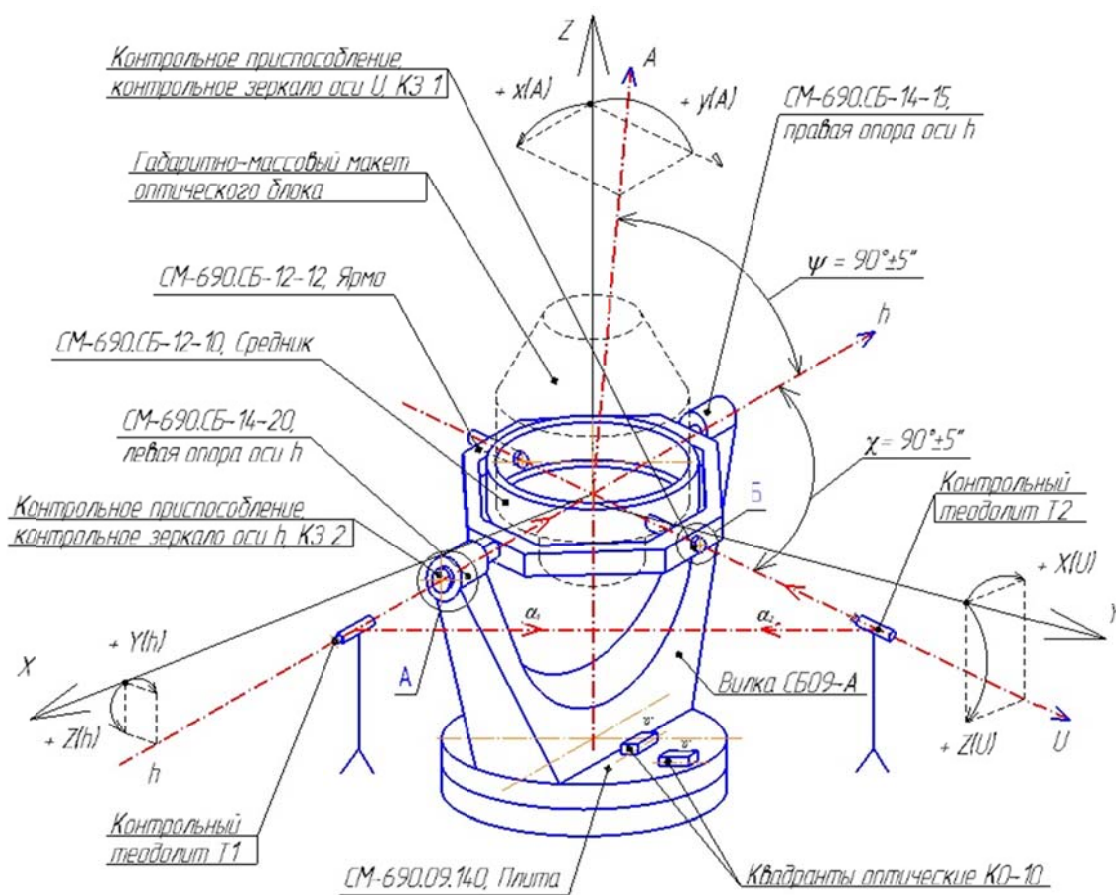


Рисунок 7 – Общая схема контроля точностных параметров ОПУ СМ-690

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 23 |

3.2 Контроль положения и выставление азимутальной оси А

3.2.1 Подготовка к проведению контроля

Исходное положение: Хребтовая балка СМ-690СБ-19А установлена на сборочном стенде 208.54.172, в соответствии с технологическим процессом «СМ-690СБ16» на хребтовой балке установлены основание СМ-690СБ18, вилка СБ09-А, сб.ед. СБ-20, СБ41-01 оси А, СБ32 оси А, на вилке установлена и закреплена плита СМ-690.09-140 под уровни.

3.2.1.1 Установить на плиту СМ-690.09-140 2 квадранта оптических КО-10 №№1 и 2, согласно рисунку 8.

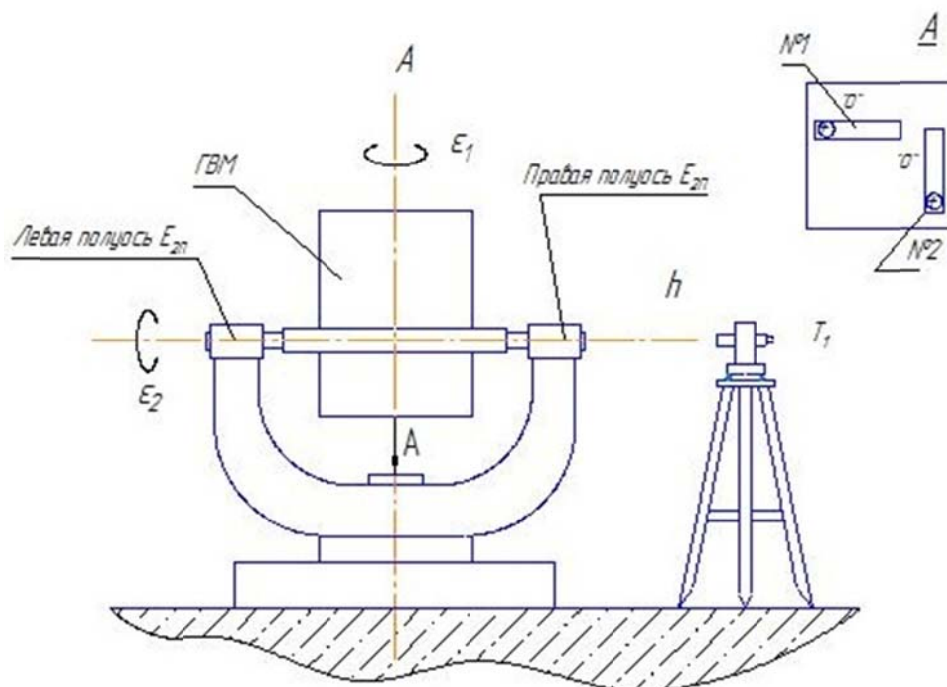


Рисунок 8 – Схема ОПУ СМ-690 и обозначение базовых элементов

3.2.1.2 Последовательно поворачивая вилку СБ09-А в прямом направлении в положения 0° , 90° , 180° , 270° по вспомогательной шкале азимутальной оси снять отсчеты X_i и Y_i по квадрантам 1 и 2 соответственно. Результаты измерений занести в соответствующие графы таблицы А1 (Приложение А)

3.2.1.2 Произвести расчет отклонения от вертикальности азимутальной оси и отклонения от перпендикулярности относительно азимутальной оси плоскости плиты СМ-690.09-140 по формулам:

$$X(A) = \frac{1}{4}(X_0 - X_{180} + Y_{90} - Y_{270}) \quad (1)$$

| | |
|--------------|--------------|
| Имп. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Имп. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 24 |

$$Y(A) = \frac{1}{4}(Y_0 - Y_{180} + X_{270} - X_0) \quad (2)$$

где $X(A)$ и $Y(A)$ - отклонение азимутальной оси от вертикали.

$$\Delta X(\Pi) = \frac{1}{2}(X_0 + X_{180}) \quad (3)$$

$$\Delta Y(\Pi) = \frac{1}{2}(Y_0 + Y_{180}) \quad (3)$$

где X_i – измеренные по п.3.2.1.2 показания квадранта №2;

Y_i – измеренные по п.3.2.1.2 показания квадранта №1.

Допускаемая величина отклонений $X(A)$ и $Y(A)$ не более ± 10 угловых секунд, отклонений $\Delta X(\Pi)$ и $\Delta Y(\Pi)$ не более ± 5 угловых секунд.

Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А1 (Приложение А).

В случае превышения допускаемых величин:

3.2.1.3 Не снимая квадранты КО-10 с места установить на их шкалах отсчеты $\Delta X(\Pi)$ (квадрант №2) и $\Delta Y(\Pi)$ (квадрант №1) и регулировкой положения плиты СМ-690.09-140 вывести пузырьки уровней квадрантов в нулевое положение с точностью не хуже 0,2 деления уровня.

3.2.1.4 Не снимая квадранты КО-10 с места установить на их шкалах отсчеты $0^{\circ}00'00''$ и регулировкой наклона азимутальной оси в соответствии с п. 3.7 СМ-690ТУ вывести пузырьки уровней квадрантов в нулевое положение с точностью не хуже 0,2 деления уровня.

3.2.1.5 Снять квадранты с плиты СМ-690.09-140 и установить на их место в соответствии с рисунком 8 два уровня брусковых 200-0,02 ГОСТ 9392-89 из комплекта ОПУ.

3.2.1.6 Повернуть ОПУ вокруг оси А в положение $+270^{\circ}$ по вспомогательной шкале азимутальной оси.

3.2.1.7 Последовательно устанавливая вилку по азимуту в положения от $+270^{\circ}$ до -270° по вспомогательной шкале азимутальной оси с шагом 45° записать показания уровней в соответствующие графы таблицы А2 (Приложение А).

3.2.1.8 Повторить измерения п. 3.2.1.6 при повороте вилки в обратном направлении от -270° до $+270^{\circ}$, показания уровней в соответствующие графы таблицы А2 (Приложение А).

3.2.1.9 Произвести расчеты отклонений $X(A)$ и $Y(A)$ среднего положения азимутальной оси от вертикальности и биений вращения $\Delta x(A)$ и $\Delta y(A)$ азимутальной оси.

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 25 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Допускаемая величина отклонений $X(A)$ и $Y(A)$ не более ± 10 угловых секунд, отклонений $\Delta X(A)$ и $\Delta Y(A)$ не более ± 5 угловых секунд (п. 1.5.9 СМ-690ТУ).

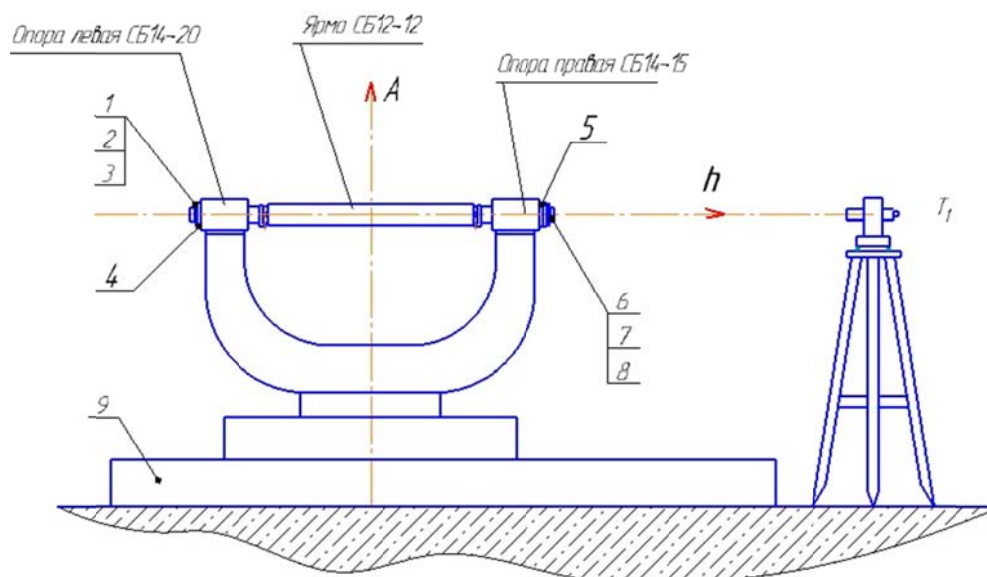
Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А2 (Приложение А).

После окончания работ уровни с плиты не снимать, при необходимости накрыть чистой салфеткой.

3.3 Контроль взаимного положения и выставление опор угломестной оси

3.3.1 Подготовка к проведению контроля

Установка контрольных элементов при выставлении опор угломестной оси изображена на рисунке 9.



1-кольцо переходное ВУ 7030-3624/008; 2-кольцо 15.03.05.2017.091.06.01.001; 3-блок зеркала ВУ 7030-3624 КЗ 2, 4-вал СМ-690.14-64; 5-вал СМ-690.14-57; 6-кольцо переходное ВУ7030-3624/014; 7-кольцо 15.03.05.2017.091.06.01.001; 8-блок зеркала ВУ 7030-3624 КЗ 1; 9-стенд 208.54.172.

Рисунок 9 – Установка контрольных элементов при выставлении опор угломестной оси

Азимутальная ось выставлена в вертикальное положение в соответствии с п. 1.5.9 СМ-690ТУ и разделом 3.2 настоящей методики, находится в положении 0^0 по азимуту и застопорена устройством СБ38 оси А.

| | |
|--------------|--------------|
| Имп. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Имп. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 26 |

3.3.1.1 Установить и закрепить 4-мя штатными болтами на соответствующую площадку вилки СБ09-А опору правую СМ-690.СБ14-15. Установить и закрепить на соответствующую площадку опору левую СМ-690.СБ14-20.

Установить и закрепить предварительно в соответствии с технологическим процессом «СМ-690СБ16» на фланцы опор правой и левой ядро СМ-690СБ12-12, при этом в процессе установки ядра обеспечить равенство боковых зазоров между лапами фланцев опор и базовыми поверхностями ядра.

3.3.1.2 Против торца вала опоры правой (на расстоянии не менее 1500 мм.) установить стойку 924.67.095 под теодолит высотой 1600 мм. и установить на неё подставку регулируемую 924.67.093.

3.3.1.3 Установить на кронштейн подставки теодолит Т1 типа ЗТ2КА на стойке и подготовить его к работе.

3.3.1.4 На удобном для обзора месте вала СМ-690.14-57 правой опоры, при исходном положении ядра по углу места равном 0° , нанести карандашом риски для угловой ориентации вала в процессе контроля, сначала нанести риску 0° , далее с шагом 15° нанести риски до 90° .

Точность нанесения рисок $\pm 1,5$ мм., ширина рисок не более 0,4 мм. Допускается иной способ разметки, определяемый непосредственно при проведении работ.

3.3.1.5 Развернуть и закрепить вал угломестной оси (ядро) в положение 0° по нанесенным рискам, установить и раскрепить переходные кольца ВУ 7030-3624/008 и ВУ 7030-3624/014 соответственно. Закрепить на переходных кольцах базовые кольца с контрольными зеркалами комплекта приспособлений ВУ 7030-3624.

3.3.1.6 Перемещениями регулировочного столика подставки 924.67.093 и разворотами трубки теодолита совместить оптическую ось теодолита с линией, соединяющей центры перекрестий контрольных зеркал, установленных на опорах. Зафиксировать трубу теодолита в этом положении. Допустимая погрешность совмещения не более ± 1 минуты по шкале теодолита. На горизонтальном лимбе теодолита трибкой установить отсчет $180^{\circ}00'00''$. Значение угла (Z_h) на шкале вертикальной наводки теодолита записать.

3.3.1.7 Визировать теодолит на дальнее КЗ (КЗ 2, установленное на валу левой опоры), юстировочными перемещениями КЗ 2 и теодолита найти отраженное изображения перекрестия теодолита. Юстировочными

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

перемещениями зеркала и разворотами трубки теодолита привести отраженный крест в положение $180^{\circ}00'00''$ и $\sim 90^{\circ}00'00''$ в вертикальном и горизонтальном направлениях. При необходимости, для удобства работы допускается демонтаж базового кольца приспособления ВУ 7030-3624 с КЗ 1 с переходного кольца ВУ 7030-3624/014, установленного на правой опоре.

3.3.1.8 Установить и закрепить на переходное кольцо ВУ 7030-3624/014 на правой опоре (при необходимости) базовое кольцо с КЗ 1. Визировать теодолит на КЗ 1, юстировочными перемещениями КЗ 1 и теодолита найти отраженное изображение перекрестия теодолита. Юстировочными перемещениями зеркала и разворотами трубки теодолита привести отраженный крест в положение $180^{\circ}00'00''$ и $\sim 90^{\circ}00'00''$ в вертикальном и горизонтальном направлениях.

3.3.1.9 Определить место зенита теодолита как среднее 4-х измерений и записать в соответствующую графу таблицы А3 (Приложение А).

3.3.1.10 Установить трубку теодолита в положение $90^{\circ}00'00''$ по шкале вертикальной наводки. Визировать теодолит на КЗ 1 (на правой опоре) и провести автоколлимационные измерения угловых отклонений нормали КЗ 1 (координаты отраженного изображения перекрестия) в вертикальной $Z_{0_{h\phi}}$ и горизонтальной $Y_{0_{h\phi}}$ плоскостях. Значения углов занести в соответствующие графы таблицы А3 (Приложение А).

3.3.1.11 Последовательно поворачивая ярмо по разметке (см. п. 3.3.1.4) с шагом 15° в положения 15° ; $30^{\circ} \dots 90^{\circ}$ провести измерения значений углов $Z_{i_{h\phi}}$ и занести в соответствующие графы таблицы А3 (Приложение А).

3.3.1.12 Повторить измерения согласно п. 3.3.1.11 для углов 90° ; $75^{\circ} \dots 0^{\circ}$, результаты заносить в соответствующие графы таблицы А3 (Приложение А).

Примечание: Для повышения точности измерений допускается отдельное проведение измерений горизонтальной и вертикальной координат.

3.3.1.13 Визировать теодолит на центр перекрестия КЗ 1 (на правой опоре) и замерить угловые отклонения перекрестия КЗ 1 (в положении ярма 0° по углу места) в вертикальной Z_{0_h} и горизонтальной Y_{0_h} плоскостях. Значения углов занести в соответствующие графы таблицы А4 (Приложение А).

3.3.1.14 Повторить измерения согласно п. 3.3.1.13 для положений 15° ; $30^{\circ} \dots 90^{\circ}$ и 90° ; $75^{\circ} \dots 0^{\circ}$. Полученные результаты занести в соответствующие графы таблицы А4 (Приложение А).

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

3.3.1.15 Визировать теодолит на КЗ 2 и провести измерения согласно п.п. 3.3.1.11 ÷ 3.3.1.14 для данного КЗ. Результаты измерений занести в соответствующие графы таблиц А3, А4 (Приложение А).

3.3.1.16 Замерить расстояния $L_{\text{прав}}$; $L_{\text{лев}}$ с точностью ± 10 мм. и $l_{\text{прав}}$; $l_{\text{лев}}$ с точностью ± 2 мм, согласно рисунку 10. Результаты измерений занести в соответствующие графы таблицы А3 (Приложение А).

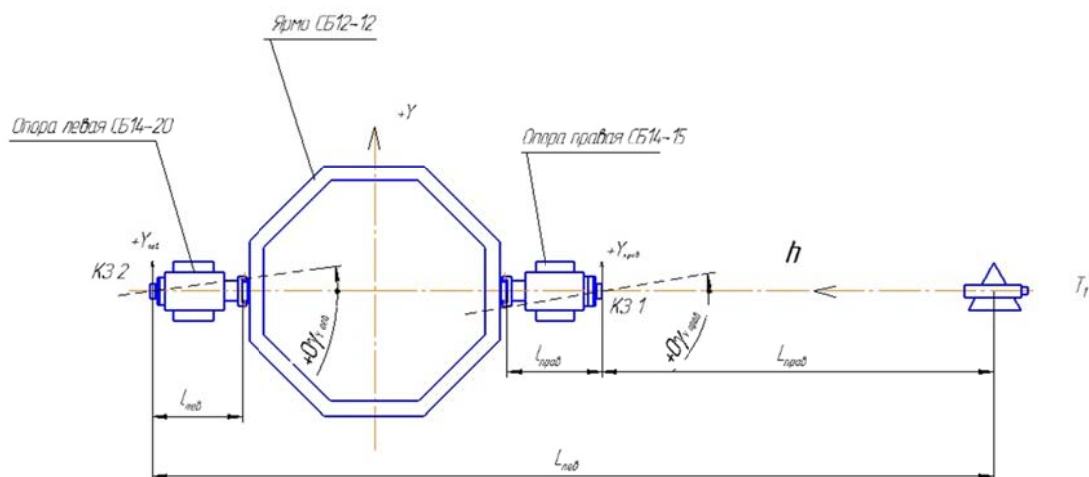


Рисунок 10 – Регулировка положения опор угломестной оси

3.4 Расчет взаимного положения осей вращения опор СМ-690.СБ14-15 и СМ-690.СБ14-20 угломестной оси, расчет величин регулировочных перемещений. Регулировка положения опор.

3.4.1 Произвести расчет угловых параметров поворота осей вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 $O_{z\phi}$ в вертикальной и $O_{y\phi}$ в горизонтальной плоскостях. Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А3 (Приложение А).

3.4.2 Произвести расчет угловых параметров положения центров вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 в вертикальной O_z и горизонтальной O_y плоскостях. Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А4 (Приложение А).

3.4.3 Определить отклонения от параллельности осей вращения валов опор правой и левой по формуле:

$$\Delta O_{z\phi} = O_{z\phi\text{прав}} - O_{z\phi\text{лев}}; \Delta O_{y\phi} = O_{y\phi\text{прав}} - O_{y\phi\text{лев}}; \quad (4)$$

где $O_{z\phi\text{прав, лев}}$; $O_{y\phi\text{прав, лев}}$ – полученные в п. 3.4.1 углы поворота осей вращения опор правой и левой в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А5 (Приложение А).

| | |
|--------------|--------------|
| Изн. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

3.4.4 Определить линейные координаты Z и Y центров вращения КЗ 1 (правой опоры) и КЗ 2 (левой опоры) в плоскости расположения КЗ 1 и КЗ 2 по формулам:

$$Z_{\text{прав}} = L_{\text{прав}} \times \tan g(O_{z_{\text{прав}}}); Y_{\text{прав}} = L_{\text{прав}} \times \tan g(O_{y_{\text{прав}}}); (\text{мм.}) \quad (5)$$

$$Z_{\text{лев}} = L_{\text{лев}} \times \tan g(O_{z_{\text{лев}}}); Y_{\text{лев}} = L_{\text{лев}} \times \tan g(O_{y_{\text{лев}}}); (\text{мм.}) \quad (6)$$

где O_z ; O_y (угловых секунд) – угловые координаты центров вращения опор правой и левой, полученные согласно п. 3.4.2;

$L_{\text{прав}}$; $L_{\text{лев}}$ (мм) – расстояния от оси теодолита до центров перекрестий КЗ 1 (на правой опоре) и КЗ 2 (на левой опоре), измеренные с точностью не хуже ± 10 мм.

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А5 (Приложение А).

3.4.5 Определить отклонения от соосности осей вращения опор правой и левой (в плоскостях стыка опор с ярмом, согласно рисунку 10, по формулам :

$$\Delta Z_{\text{прав-лев}} = (Z_{\text{прав}} + l_{\text{прав}} \times \tan g O_{z_{\phi_{\text{прав}}}}) - (Z_{\text{лев}} + l_{\text{лев}} \times \tan g O_{z_{\phi_{\text{лев}}}}); \quad (7)$$

$$\Delta Y_{\text{прав-лев}} = (Y_{\text{прав}} + l_{\text{прав}} \times \tan g O_{y_{\phi_{\text{прав}}}}) - (Y_{\text{лев}} + l_{\text{лев}} \times \tan g O_{y_{\phi_{\text{лев}}}}); \quad (8)$$

$$\Delta \Sigma_{\text{прав-лев}} = \sqrt{(\Delta Z_{\text{прав-лев}})^2 + (\Delta Y_{\text{прав-лев}})^2}; (\text{мм}) \quad (9)$$

где $O_{z_{\phi_{\text{прав}}}}$, $O_{y_{\phi_{\text{прав}}}}$; $O_{z_{\phi_{\text{лев}}}}$, $O_{y_{\phi_{\text{лев}}}}$ (угл.секунд) – полученные в п. 3.4.1 углы поворота осей вращения опор правой и левой в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

$l_{\text{прав}}$; $l_{\text{лев}}$ (мм) - расстояния от плоскости расположения КЗ 1 и КЗ 2 по средней плоскости валов опор правой и левой, измеренные с точностью не хуже ± 2 мм.

Допускаемое значение отклонения $\Delta \Sigma$ – не более $\pm 0,02$ мм.

В случае невыполнения допуска $\pm 0,02$ мм. произвести регулировку положения опоры левой путем её параллельного смещения на площадке вилки (предварительно ослабив болты крепления) на величину полученного отклонения ΔY , направление смещения: в сторону положительного смещения, согласно рисунку 10, если величина $\Delta Y < 0$ и наоборот. Величину смещения контролировать цеховым индикатором с ц.д 0,005 мм., смещение опоры производить с применением цеховых средств (УСП), возможное место крепления УСП – резьбовое отверстие под грузовой рым-болт на вилке СБ09А. В процессе регулировки положения опоры приспособления ВУ 7030-3624 для контроля

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 30 |

допускается не снимать, при этом для перемещения опоры ударные воздействия не допускаются.

3.4.6 После регулировки положения опор произвести повторный контроль и расчеты согласно п.п. 3.3.1.1÷3.3.1.15 и 3.4.1÷3.4.5 настоящей методики, при получения положительных результатов (отклонение от соосности не более 0,02 мм.) заштифтовать опоры и предварительно закрепить их штатным крепежом.

3.5 Предварительный расчет отклонения от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей. Расчет прокладок

3.5.1 Произвести расчет негоризонтальности угломестной оси по формулам:

$$\beta_h = \arctan \left[\frac{(L_{\text{прав}} \times \tan O_{z\text{прав}} - l'_{\text{прав}} \times \tan O_{z\phi\text{прав}}) - (L_{\text{лев}} \times \tan O_{z\text{лев}} + l'_{\text{лев}} \times \tan O_{z\phi\text{лев}})}{B} \right] \quad (10)$$

где $O_{z\phi\text{прав, лев}}$ – полученные в п. 3.4.1 углы поворота осей вращения опор правой и левой в вертикальной плоскости;

$O_{z\text{прав, лев}}$ – полученные в п. 3.4.2 угловые параметры положения центров вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 в вертикальной плоскости;

$L_{\text{прав}}; L_{\text{лев}}$ (мм) – расстояния от оси теодолита до центров перекрестий КЗ 1 (на правой опоре) и КЗ 2 (на левой опоре), измеренные с точностью не хуже ± 10 мм.

$l'_{\text{прав}}; l'_{\text{лев}}$ – измеренные с точностью не хуже ± 5 мм. расстояния от плоскостей соответствующих КЗ до стыковочных плоскостей фланцев опор правой и левой;

B – расстояние между стыковочными плоскостями ярма ($B=1610$ мм).

Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А6 (Приложение А).

3.5.2 Определить отклонение от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей по формуле:

$$\psi = X(A) - \beta_h; (\text{секунд}) \quad (11)$$

где $X(A)$ – отклонение от вертикальности азимутальной оси в плоскости ХZ, определенное по п. 7.1.10 ТИ (среднее для 2-х приемов значение, таблица №2);

β_h – негоризонтальность угломестной оси, определенная по п. 3.5.1.

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | |
| Изм. | Лист |
| № докум. | Подпись |
| Дата | |

Допустимая величина отклонения от перпендикулярности ψ не более ± 5 угловых секунд (п. 1.5.11 СМ-690 ТУ). Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А6 (Приложение А).

3.5.3 В случае превышения допуска $|\psi| \leq 5''$:

3.5.3.1 Определить необходимую толщину прокладки по опору по формуле:

$$\Delta h = B \times \tan \psi \text{ (мм);} \quad (11)$$

где B – расстояние между стыковочными плоскостями ярма ($B=1610$ мм);
 ψ – полученное по п. 3.5.2 значение отклонения от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей.

Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А6 (Приложение А).

3.5.3.2 Установить под опору (левую, если значение ψ отрицательное, или правую, если значение ψ положительное) прокладки толщиной $\Delta h \pm 0,005$ мм (п. 3.5.3.1).

3.5.3.3 После регулировки положения опор и установки прокладок произвести повторный контроль согласно п.п. 3.3.1.1÷3.3.1.15 и расчеты согласно п.п. 3.4.1÷3.4.5, 3.5.1; 3.5.2, при получения положительных результатов окончательно закрепить опоры угломестной оси на вилке.

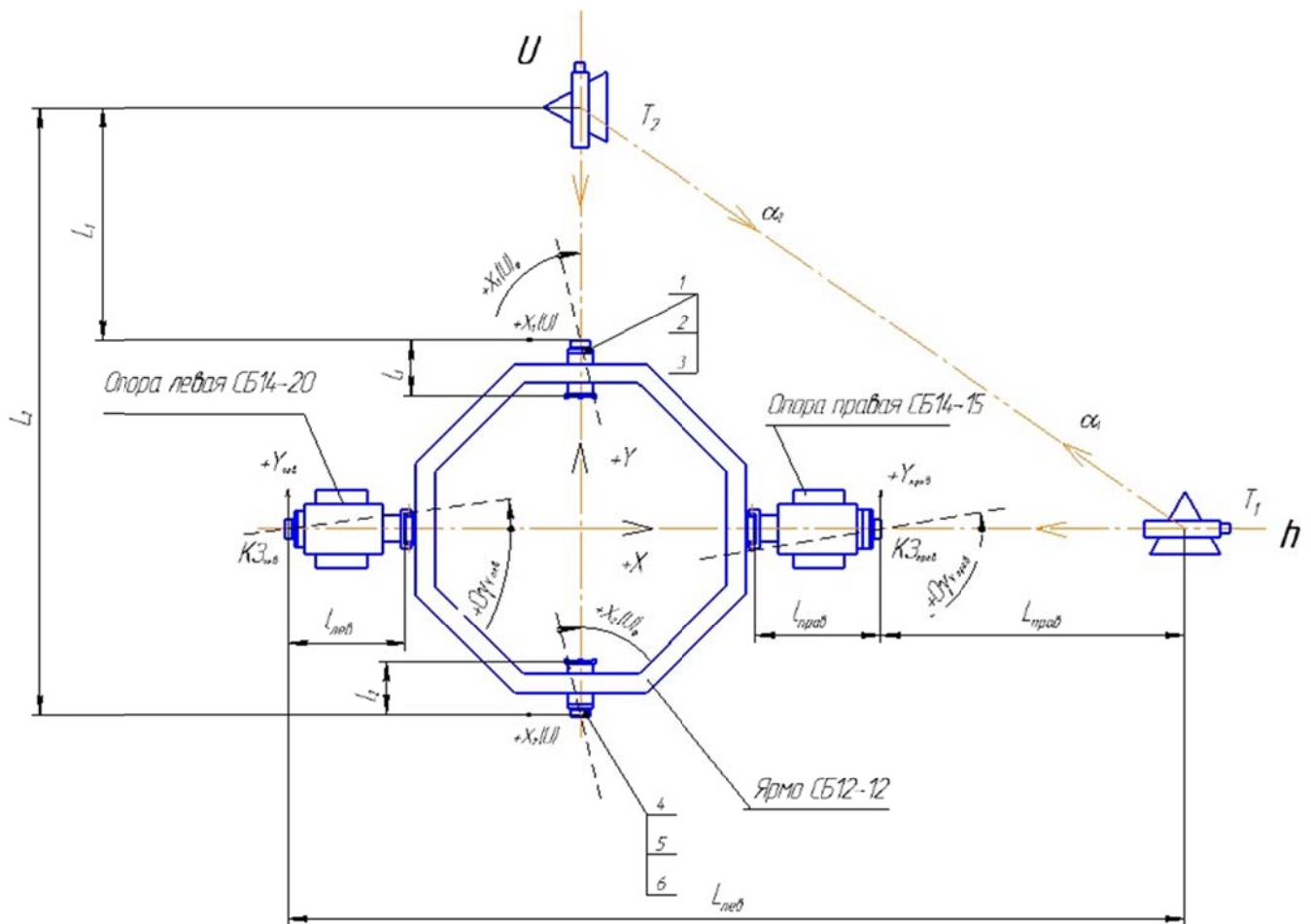
3.6 Контроль отклонения от перпендикулярности угломестной (h) и сканирующей (U) осей. Регулировка положения угломестной оси для обеспечения перпендикулярности осей h и U

3.6.1 Контроль положения оси сканирования (U)

3.6.1.1 Установить согласно рисунку 11 против вала СМ-690СБ12-116 сканирующей оси (на расстоянии не менее 1500 мм.) стойку 924.67.095 под теодолит высотой 1600 мм. и установить на неё подставку регулируемую 924.67.093.

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № дубл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Подп. и дата |
| Инд. № подл. | Изм. |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |



1-крышка СМ-690.12-119; 2-кольцо 15.03.05.2017.091.06.01.001; блок зеркал ВУ 7030-3624; фланец СМ-690.12-176; кольцо 15.03.05.2017.091.06.01.001; блок зеркал ВУ 7030-3624.

Рисунок 11 – Схема контроля параметров оси сканирования

3.6.1.2 Установить на кронштейн подставки теодолит Т2 типа ЗТ2КА на стойке и подготовить его к работе.

3.6.1.3 На удобном для обзора месте валов СМ-690.12-116 и 12-124 оси сканирования, при исходном положении валов по углу сканирования равном 0° , нанести карандашом риски для их угловой ориентации в процессе контроля, сначала нанести риску 0° , далее с шагом 10° нанести риски до 30° в одну сторону и до -30° в другую.

Точность нанесения рисок ± 1 мм., ширина рисок не более 0,4 мм. Допускается иной способ разметки, определяемый непосредственно при проведении работ.

3.6.1.4 На торцах валов СМ-690.12-116 и 12-124 установить и закрепить переходные кольца 15.03.05.2017.091.06.01.001.

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

3.6.1.5 На переходные кольца установить и закрепить блоки КЗ из комплекта приспособления ВУ 7030-3624, при этом на дальнем по отношению к теодолиту блоке КЗ может быть установлено непрозрачное контрольное зеркало с перекрестием.

3.6.1.6 Развернуть и закрепить вал угломестной оси (ядро) в положение 0° по нанесенным рискам.

3.6.1.7 Перемещениями регулировочного столика подставки 924.67.093 и разворотами трубки теодолита совместить вертикальный штрих перекрестия теодолита Т2 с центрами перекрестий контрольных зеркал, установленных на опорах. Установить трубу теодолита в положение $90^{\circ}00'00''$ по шкале вертикальной наводки, зафиксировать трубку теодолита в этом положении. На горизонтальном круге теодолита трибкой установить отсчет $180^{\circ}00'00''$.

3.6.1.8 Поворотом ядра в опорах угломестной оси совместить центры перекрестий КЗ приспособлений ВУ 7030-3624 с горизонтальным штрихом перекрестия теодолита, допустимая погрешность совмещений не более ± 1 минуты по шкале теодолита. Зафиксировать ядро в этом положении.

3.6.1.9 Демонтировать блок КЗ (КЗ 1) контрольного приспособления ВУ 7030-3624 с переходного кольца со стороны теодолита.

3.6.1.10 Визировать теодолит на КЗ (КЗ 2) «дальнего» по отношению к теодолиту контрольного приспособления и юстировочными перемещениями КЗ 2 и теодолита найти отраженное изображения перекрестия теодолита. Юстировочными перемещениями зеркала и разворотами трубки теодолита привести отраженный крест в положение $180^{\circ}00'00''$ и $90^{\circ}00'00''$ в вертикальном и горизонтальном направлениях.

3.6.1.11 Установить снятый по п. 3.6.1.9 блок КЗ (КЗ 1) контрольного приспособления ВУ 7030-3624 на переходное кольцо со стороны теодолита.

3.6.1.12 Визировать теодолит на КЗ (КЗ 1) «ближнего» по отношению к теодолиту контрольного приспособления и юстировочными перемещениями КЗ 1 и теодолита найти отраженное изображения перекрестия теодолита.

Юстировочными перемещениями зеркала и разворотами трубки теодолита привести отраженный крест в положение $180^{\circ}00'00''$ и $90^{\circ}00'00''$ в вертикальном и горизонтальном направлениях.

На горизонтальном лимбе теодолита Т2 установить трибкой отсчет $180^{\circ}00'00''$.

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |
| | | | | | |

3.6.1.13 Определить место зенита теодолита Т2 как среднее 4-х измерений по КЗ 1. Замерить расстояния, согласно рисунку 11, L_1 ; L_2 с точностью ± 10 мм. и l_1 ; l_2 с точностью ± 2 мм. и занести в соответствующую графу таблицы А7 (Приложение А)

3.6.1.14 Визировать теодолит на «дальнее» КЗ 2 и последовательно провести автоколлимационные измерения угловых координат нормалей КЗ 2 по вертикали $Z_2(U)_i$ и горизонтали $X_2(U)_i$ в положениях -30^0 , -20^0 , -10^0 , 0^0 , 10^0 , ... 30^0 контролируемого вала оси сканирования, после чего повторить измерения при обратном ходе на углах от 30^0 до -30^0 , результаты измерений $X_2(U)_i$ и $Z_2(U)_i$ занести в соответствующие графы таблицы А7 (Приложение А). При необходимости допускается демонтаж блока КЗ 1 контрольного приспособления ВУ 7030-3624 с ближнего торца вала.

3.6.1.15 Повторить измерения аналогичные п. 3.6.1.14 при прямом визировании теодолита на центр перекрестия КЗ 2, результаты измерений угловых координат центра КЗ 2 по горизонтали ($X'_2(U)_i$) и вертикали ($Z'_2(U)_i$) занести в соответствующие графы таблицы А7 (Приложение А).

3.6.1.16 Установить вновь демонтированный по п. 3.6.1.14 блок КЗ 1 на ближний вал и провести измерения согласно п.п. 3.6.1.14, 3.6.1.15 с КЗ 1. Результаты измерений как $X_1(U)_i$ и $Z_1(U)_i$, $X'_1(U)_i$ и $Z'_1(U)_i$ занести в соответствующие графы таблицы А7 (Приложение А).

3.6.1.17 Визировать теодолиты Т1 и Т2 трубка в трубку и снять отсчеты α_1 и α_2 со шкал их горизонтальной наводки. Значения углов α_1 и α_2 занести в соответствующие графы таблицы А7 (Приложение А).

3.6.2 Расчет параметров положения и качества вращения оси сканирования

3.6.2.1 Произвести расчет параметров $X_{1,2}(U)_\phi$ и $Z_{1,2}(U)_\phi$ углового положения сканирующей оси в горизонтальной (XY) и вертикальной (ZY) плоскостях а также биений их вращения $\Delta X_{1,2}(U)_{\phi i}$ и $\Delta Z_{1,2}(U)_{\phi i}$ по результатам автоколлимационных измерений КЗ 1 и КЗ 2. Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А8 (Приложение А).

3.6.2.2 Произвести расчет параметров X (U) и Z(U) положения перекрестий КЗ 1 и КЗ 2 опор сканирующей оси относительно линии визирования теодолита Т2 в горизонтальной (XY) и вертикальной (ZY) плоскостях по результатам прямых измерений положения перекрестий КЗ1 и КЗ 2, а также биений вращения

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

$\Delta X_{1,2}(U)_i$ и $\Delta Z_{1,2}(U)_i$ центров их перекрестий. Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А8 (Приложение А).

3.6.2.3 Произвести расчет углового перекося оси сканирования относительно линии визирования теодолита Т2 в горизонтальной плоскости с учетом биений вращения для положения 0^0 по формуле:

$$\Delta \chi(U)_0 = \arctan \frac{1}{1350} \times \left\{ \left[L_1 \times \tan(X_1(U) + \Delta X_1(U)_{0^0}) - l_1 \times \tan(X_1(U)_\varphi + \Delta X_1(U)_{\varphi=0^0}) \right] - \left[L_2 \times \tan(X_2(U) + \Delta X_2(U)_{0^0}) + l_2 \times \tan(X_2(U)_\varphi + \Delta X_2(U)_{\varphi=0^0}) \right] \right\} \text{ (угловых секунд);} \quad (12)$$

где L_1 ; L_2 – измеренные с точностью не хуже ± 10 мм расстояния от теодолита Т2 до плоскости зеркал КЗ 1 и КЗ 2, согласно рисунку 11;

l_1 ; l_2 – измеренные с точностью не хуже ± 2 мм расстояния от плоскостей зеркал КЗ 1 и КЗ 2 до соответствующих стыковочных плоскостей средника СБ15;

$X_{1,2}(U)$ – рассчитанные по п. 3.6.2.2 параметры положения опор 1 и 2 сканирующей оси;

$X_{1,2}(U)_\varphi$ – рассчитанные по п. 3.6.2.1 параметры углового перекося опор 1 и 2 сканирующей оси;

$\Delta X_{1,2}(U)_{0^0}$ – рассчитанные по п. 3.6.2.1 параметры биения вращения опор в положении 0^0 ;

1350 (мм) – база средника СБ15 по стыковочным плоскостям.

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А8 (Приложение А).

3.6.2.4 Рассчитать биения вращения оси сканирования по формулам:

3.6.2.4.1 Координаты среднего положения центров вращения фланцев опор 1 и 2 относительно линии визирования теодолита Т2:

$$\begin{aligned} X_1(U)_{cp} &= L_1 \times \tan X_1(U) - l_1 \times \tan X_1(U)_\varphi; \text{ (мм)} \\ Z_1(U)_{cp} &= L_1 \times \tan Z_1(U) - l_1 \times \tan Z_1(U)_\varphi; \text{ (мм)} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} X_2(U)_{cp} &= L_2 \times \tan X_2(U) - l_2 \times \tan X_2(U)_\varphi; \text{ (мм)} \\ Z_2(U)_{cp} &= L_2 \times \tan Z_2(U) - l_2 \times \tan Z_2(U)_\varphi; \text{ (мм)} \end{aligned} \quad (14)$$

3.6.2.4.2 Координаты геометрических центров вращения фланцев опор 1 и 2 в положениях $i = -30^0 \dots +30^0$ относительно их средних положений (с учетом биений вращения):

$$\Delta X_1(U)_i = X_1(U)_{cp} + [L_1 \times \tan \Delta X_1(U)_i - l_1 \times \tan \Delta X_1(U)_{\varphi i}]; \text{ (мм)} \quad (15)$$

$$\Delta Z_1(U)_i = Z_1(U)_{cp} + [L_1 \times \tan \Delta Z_1(U)_i - l_1 \times \tan \Delta Z_1(U)_{\varphi i}]; \text{ (мм)}$$

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | |

$$\begin{aligned} \Delta X_2(U)_i &= X_2(U)_{cp} + [L_2 \times \tan \Delta X_2(U)_i - l_2 \times \tan \Delta X_2(U)_{\phi i}]; \text{ (мм)} \\ \Delta Z_2(U)_i &= Z_2(U)_{cp} + [L_2 \times \tan \Delta Z_2(U)_i - l_2 \times \tan \Delta Z_2(U)_{\phi i}]; \text{ (мм)} \end{aligned} \quad (16)$$

3.6.2.4.3 Биения вращения оси сканирования, как прямой соединяющей центры стыковочных фланцев средника СБ15:

$$\begin{aligned} \Delta X_i(U) &= \arctan \left[\frac{\Delta X_1(U)_i - \Delta X_2(U)_i}{1350} \right]; \text{ (угл.секунд)} \\ \Delta Z_i(U) &= \arctan \left[\frac{\Delta Z_1(U)_i - \Delta Z_2(U)_i}{1350} \right]; \text{ (угл.секунд)} \\ \Delta_i(U) &= \sqrt{(\Delta X_i(U))^2 + (\Delta Z_i(U))^2}; \text{ (угл.секунд)} \end{aligned} \quad (17)$$

где L_1 ; L_2 – измеренные с точностью не хуже ± 10 мм расстояния от теодолита Т2 до плоскости зеркал КЗ 1 и КЗ 2, согласно рисунку 11;

l_1 ; l_2 – измеренные с точностью не хуже ± 5 мм расстояния от плоскостей зеркал КЗ 1 и КЗ 2 до соответствующих стыковочных плоскостей средника СБ15;

$X_{1,2}(U)$ – рассчитанные по п. 3.6.2.3 параметры положения опор 1 и 2 сканирующей оси;

$X_{1,2}(U)_{\phi}$ – рассчитанные по п. 3.6.2.2 параметры углового перекося опор 1 и 2 сканирующей оси;

$\Delta X_{1,2}(U)_{\phi i}$ и $\Delta Z_{1,2}(U)_{\phi i}$ – рассчитанные в п. 3.6.2.1 ТИ угловые биения вращения осей опор 1 и 2 оси сканирования;

$\Delta X_{1,2}(U)_i$ и $\Delta Z_{1,2}(U)_i$ – рассчитанные в п. 3.6.2.2 ТИ угловые биения вращения центров КЗ 1 и КЗ 2;

1350 (мм) – база средника СБ15 по стыковочным плоскостям.

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А8 (Приложение А).

Допускаемая величина биений вращения сканирующей оси в диапазоне углов $-0,5^0 + 0,5^0$ не более 5 угловых секунд (п. 1.5.10 СМ-690ТУ).

3.6.3 Расчет отклонения от перпендикулярности угломестной и сканирующей осей. Расчет параметров регулировки взаимного положения угломестной оси и оси сканирования

3.6.3.1 Рассчитать угловой перекося угломестной оси относительно линии визирования теодолита Т1 в горизонтальной плоскости по формуле 18, по рекомендации [4]:

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | | | | | 37 |
| | | | | | | | | | | | |

$$\Delta\psi_h = \arctan \left[\frac{(L_{\text{прав}} \times \tan O_{\text{фуправ}} - l'_{\text{прав}} \times \tan O_{\text{гуправ}}) - (L_{\text{лев}} \times \tan O_{\text{фулев}} + l'_{\text{лев}} \times \tan O_{\text{гулев}})}{B} \right]; (\text{угл.секунд}) \quad (18)$$

где $O_{\text{гу прав, лев}}$ – полученные в п. 3.4.1 (или пересчитанные согласно п. 3.5.3.3) углы поворота осей вращения опор правой и левой в горизонтальной плоскости;

$O_{\text{фу прав, лев}}$ – полученные в п. 3.4.2 (или пересчитанные согласно п. 3.5.3.3) угловые параметры положения центров вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 в горизонтальной плоскости;

$L_{\text{прав}}; L_{\text{лев}}$ (мм) – расстояния от оси теодолита Т1 до центров перекрестий КЗ 1 (на правой опоре) и КЗ 2 (на левой опоре), измеренные с точностью не хуже ± 10 мм., согласно рисунку 10;

$l'_{\text{прав}}; l'_{\text{лев}}$ – измеренные с точностью не хуже ± 5 мм. расстояния от плоскостей соответствующих КЗ до стыковочных плоскостей фланцев опор правой и левой, согласно рисунку 10;

B – расстояние между стыковочными плоскостями ярма ($B=1610$ мм).

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А9 (Приложение А).

3.6.3.2 Рассчитать отклонение от перпендикулярности сканирующей оси относительно угломестной оси по формулам:

$$\chi_{U-h} = (180^{\circ}00'00'' - \alpha_1 + \alpha_2) - [\Delta\psi_h - \Delta\chi(U)_0]; (\text{угл.секунд}) \quad (19)$$

$$\Delta\chi_{U-h} = \chi_{U-h} - 90^{\circ}00'00''; (\text{угл.секунд}) \quad (20)$$

где $\Delta\psi_h$ – рассчитанное по п. 3.6.3.1 значение углового перекоса угломестной оси относительно линии визирования теодолита Т1 в горизонтальной плоскости;

$\Delta\chi(U)_0$ – рассчитанное по п. 3.6.3 значение углового перекоса оси сканирования относительно линии визирования теодолита Т2 в горизонтальной плоскости.

α_1 и α_2 – измеренные согласно п. 3.6.1.17 при визировании теодолитов Т1 и Т2 трубка в трубку углы.

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А9 (Приложение А).

Допускаемая величина отклонения от перпендикулярности угломестной и сканирующей осей – не более 5 угловых секунд (п. 1.5.12 СМ-690ТУ).

В случае превышения допускаемого значения ψ_{h-U} :

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | | | | | 38 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

3.6.3.3 Рассчитать величину компенсирующего смещения фланца яра относительно опоры угломестной оси по формуле:

$$\delta_{рег} = B \times \tan(\Delta\chi_{U-h}); (мм) \quad (21)$$

где $\Delta\chi_{U-h}$ – рассчитанное в п. 3.6.3.2 значение отклонения от перпендикулярности оси сканирования относительно угломестной оси;

B – базовый размер яра СБ12-12 ($B= 1610$ мм).

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А9 (Приложение А).

3.6.3.4 В зависимости от знака угла χ_{U-h} :

Если величина $\Delta\chi_{U-h} < 0^{\circ}$, то отвести на 1-1,5 оборота гайки боковые СМ-690.12-130 крепления фланцев яра к опорам угломестной оси со стороны «отрицательного» направления смещения, согласно рисунку 12, (при положительном знаке $\Delta\chi_{U-h}$ наоборот), отвести торцовые болты М-16 крепления фланцев на 0,5 оборота, далее цеховыми средствами развернуть яро относительно правого фланца (отодвинуть от головки неподвижного винта СМ-690.12-129 правого фланца) до появления видимого зазора. Установить в зазор между головкой винта и фланцем яра прокладку толщиной $\delta_{рег} \pm 0,008$ мм (см. п. 3.6.3.4) и затянуть отведенные ранее гайки СМ-690.12-130 по штатному. Затяжку остальных болтов крепления яра производить в соответствии с техпроцессом, при этом во избежание значительных деформаций яра желательна установка прокладок (при наличии торцовых зазоров более 0,1 мм.).

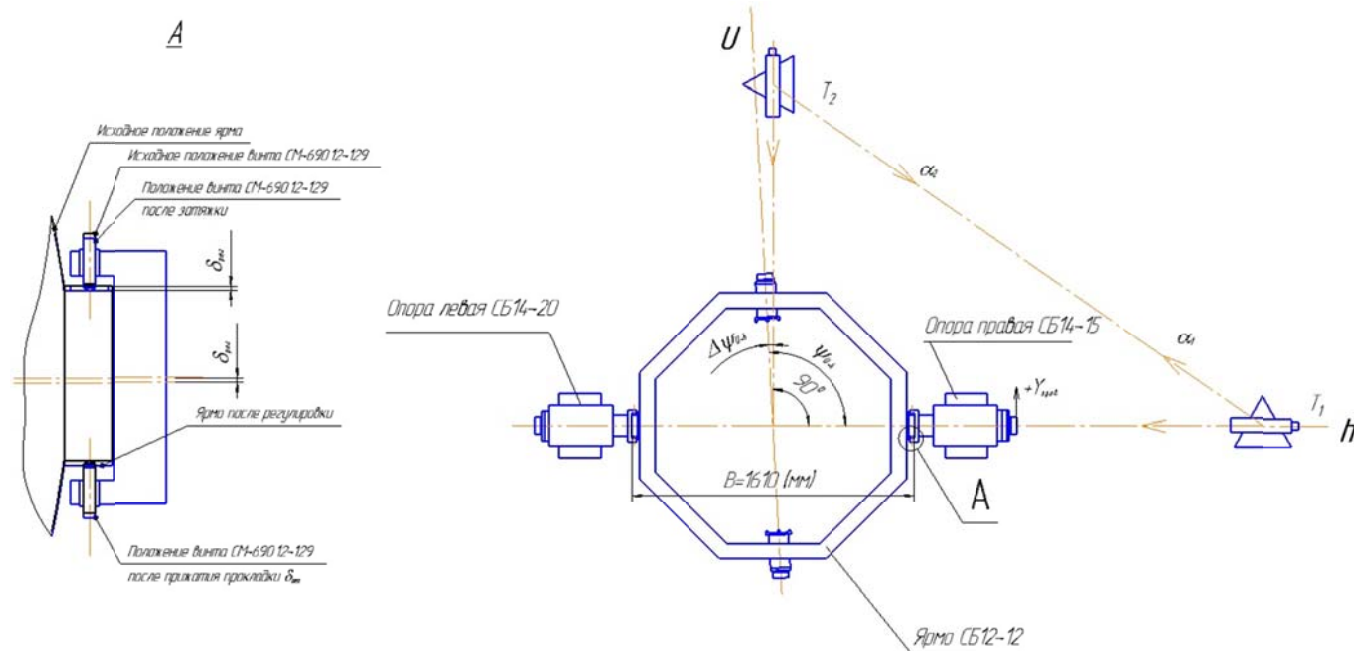


Рисунок 12 – Схема регулировки положения яра СМ-690.СБ12-12

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 39 |

3.6.3.5 После регулировки положения ярма повторно произвести контроль положения оси сканирования в соответствии с п.п. 3.6.1.1 и расчеты отклонения от перпендикулярности угломестной и сканирующей осей в соответствии с п.п. 3.6.2.1; 3.6.2.2; 3.6.2.3; 3.6.3.

Допускаемая величина отклонения от перпендикулярности угломестной и сканирующих осей не должна превышать 5 угловых секунд (п. 1.5.12 СМ-690ТУ).

После проведения работ ярмо надежно зафиксировать от разворота, теодолиты не убирать.

Дальнейшее проведение работ: в соответствии с техпроцессом установить на опоры средник СМ-690.СБ15.

3.6.4 Расчет параметров положения оси сканирования для регулировки положения базовой плоскости «Г» средника СБ15

3.6.4.1 Рассчитать отклонение от горизонтального положения (линии визирования теодолита Т2 в вертикальной плоскости) оси сканирования (с учетом биений вращения в положении $i=0^0$) по формуле:

$$\Delta\gamma(U) = \arctan \frac{1}{1350} \times \left\{ \left[L_1 \times \tan(Z_1(U) + \Delta Z_1(U)_{0^0}) - l_1 \times \tan Z_1((U)_\varphi + \Delta Z_2(U)_{\varphi=0^0}) \right] - \left[L_2 \times \tan(Z_2(U) + \Delta Z_2(U)_{0^0}) - l_2 \times \tan(Z_2(U)_\varphi + \Delta Z_2(U)_{\varphi=0^0}) \right] \right\} \text{ (угловых секунд);} \quad (22)$$

где L_1 ; L_2 – измеренные с точностью не хуже ± 10 мм расстояния от теодолита Т2 до плоскости зеркал КЗ 1 и КЗ 2, согласно рисунку 11;

l_1 ; l_2 – измеренные с точностью не хуже ± 5 мм расстояния от плоскостей зеркал КЗ 1 и КЗ 2 до соответствующих стыковочных плоскостей средника СБ15;

$Z_{1,2}(U)$ – рассчитанные по п. 3.6.2.3 2 (уточненные по п. 3.6.3.6) параметры положения опор 1 и 2 сканирующей оси;

$Z_{1,2}(U)_\varphi$ – рассчитанные по п. 3.6.2.2 (уточненные по п. 3.6.3.6) параметры углового перекося опор 1 и 2 сканирующей оси;

$\Delta Z_{1,2}(U)_{\varphi i}$ – рассчитанные в п. 3.6.2.1 (уточненные по п. 3.6.3.6) угловые биения вращения осей опор 1 и 2 оси сканирования;

$\Delta Z_{1,2}(U)_i$ – рассчитанные в п. 3.6.2.2 (уточненные по п. 3.6.3.6) угловые биения вращения центров КЗ 1 и КЗ 2;

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | | | | | 40 |

1350 (мм) – база средника СБ15 по стыковочным плоскостям.

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А10 (Приложение А).

3.6.4.2 Установить на базовую плоскость «Г» средника параллельно оси сканирования линейку поверочную длиной 1500 (2000) мм, на линейку установить уровень с микрометрической подачи ампулы (предварительно установив по шкале уровня полученное по п. 3.6.4.1 значение угла $\Delta\gamma(U)$ с учетом знака). Вращением нижних упорных винтов СМ-690.12-129 на фланцах опор оси сканирования вывести пузырек уровня в нулевое положение.

3.6.4.3 Окончательно закрепить средник на опорах оси сканирования в соответствии с техпроцессом.

3.7 Контроль биений оси А, оси h, перпендикулярности этих осей с установленным ГММ ЦОМ

3.7.1 Подготовка к проведению измерений

3.7.1.1 Установить и закрепить на фланцах опор угломестной оси переходные кольца 15.03.05.2017.091.06.01.001. Установить и закрепить на переходные кольца блоки приспособлений ВУ7030-3624.

3.7.1.2 Установить на плиту СМ-690.13-11 по разметке 2 уровня брусковых 200-0,02 из комплекта ОПУ.

3.7.2 Контроль биений азимутальной оси

3.7.2.1 Установить ОПУ по азимуту в положение 270^0 по вспомогательной шкале.

3.7.2.2 Последовательно устанавливая ОПУ по азимуту в положения от -270^0 до $+270^0$ с шагом 45^0 снять показания уровней 1 и 2 и занести в соответствующие графы таблицы А11 (Приложение А).

3.7.2.3 Повторить операции п. 3.7.2 при установках ОПУ в обратном направлении. Результаты измерений занести в соответствующие графы таблицы А11 (Приложение А).

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

3.7.3 Контроль биений угломестной оси

3.7.3.1 Провести работы согласно п.п. 3.3.1.1...3.3.1.9 .

3.7.3.2 Провести контроль биений опор угломестной оси, для чего повторить измерения согласно п.п. 3.3.1.11...3.3.1.15 , при этом измерения производить дважды (ход прямо и обратно). Результаты измерений занести в соответствующие графы таблицы А12 (Приложение А).

3.7.4 Расчет биений азимутальной оси. Расчет отклонений от перпендикулярности азимутальной и угломестной оси

3.7.4.1 Произвести расчеты отклонений $X(A)$ и $Y(A)$ среднего положения азимутальной оси от вертикальности и биений вращения $\Delta x(A)$ и $\Delta y(A)$ азимутальной оси. Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А11 (Приложение А).

Допускаемая величина отклонений $X(A)$ и $Y(A)$ не более ± 10 угловых секунд, отклонений $\Delta X(\Pi)$ и $\Delta Y(\Pi)$ не более ± 5 угловых секунд (п. 1.5.9 СМ-690ТУ).

3.7.4.2 Произвести расчет угловых параметров положения осей вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 $Z_{\text{лев, прав}}(h)_\phi$ в вертикальной (ZX) и $Y_{\text{лев, прав}}(h)_\phi$ в горизонтальной (XY) плоскостях. Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

3.7.4.3 Произвести расчет угловых параметров положения центров вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 в вертикальной $Z_{\text{лев, прав}}(h)$ и горизонтальной $Y_{\text{лев, прав}}(h)$ плоскостях. Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

3.7.4.4 Произвести расчет не горизонтальности угломестной оси по формулам:

$$\beta_h = \arctan \left[\frac{(L_{\text{прав}} \times \tan Z(h)_{\text{прав}} - l'_{\text{прав}} \times \tan Z(h)_{\phi \text{прав}}) - (L_{\text{лев}} \times \tan Z(h)_{\text{прав}} + l'_{\text{лев}} \times \tan Z(h)_{\phi \text{лев}})}{B} \right] \quad (23)$$

где $Z_{\text{лев, прав}}(h)_\phi$ – полученные в п. 3.7.4.2 углы поворота осей вращения опор правой и левой в вертикальной плоскости;

$Z_{\text{лев, прав}}(h)$ – полученные в п. 3.7.4.3 угловые параметры положения центров вращения опор правой СБ14-15 и левой СБ14-20 в вертикальной плоскости;

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

15.03.05.2017.091 ПЗ

Лист

42

$L_{\text{прав}}; L_{\text{лев}}$ (мм) – расстояния от оси теодолита до центров перекрестий КЗ 1 (на правой опоре) и КЗ 2 (на левой опоре), измеренные с точностью не хуже ± 10 мм.;

$l'_{\text{прав}}; l'_{\text{лев}}$ - измеренные с точностью не хуже ± 5 мм. расстояния от плоскостей соответствующих КЗ до стыковочных плоскостей фланцев опор правой и левой;

B – расстояние между стыковочными плоскостями ярма ($B=1610$ мм).

Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

3.7.4.4 Определить отклонение от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей по формуле:

$$\psi = X(A) - \beta_h; (\text{секунд}) \quad (24)$$

где $X(A)$ – отклонение от вертикальности азимутальной оси в плоскости XZ , определенное по п. 3.7.4.1;

β_h – не горизонтальность угломестной оси, определенная по п. 3.7.4.4.

Допустимая величина отклонения от перпендикулярности ψ не более ± 5 угловых секунд (п. 1.5.11 СМ-690 ТУ). Результаты расчета занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

3.7.5 Расчет биений вращения угломестной оси

3.7.5.1 Произвести расчет параметров $Y_{\text{лев, прав}}(h)_\varphi$ и $Z_{\text{лев, прав}}(h)_\varphi$ углового положения осей левой (СБ20) и правой (СБ14) опор в горизонтальной (XY) и вертикальной (ZX) плоскостях а также биений их вращения $\Delta Y_{\text{лев, прав}}(h)_{\varphi i}$ и $\Delta Z_{\text{лев, прав}}(h)_{\varphi i}$ по результатам автоколлимационных измерений КЗ на левой и правой опорах. Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

3.7.5.2 Произвести расчет параметров $Y_{\text{лев, прав}}(h)$ и $Z_{\text{лев, прав}}(h)$ положения перекрестий КЗ на левой и правой опорах угломестной оси относительно линии визирования теодолита Т1 в горизонтальной (XY) и вертикальной (ZX) плоскостях по результатам прямых измерений положения перекрестий КЗ, а также биений вращения $\Delta Y_{\text{лев, прав}}(h)_i$ и $\Delta Z_{\text{лев, прав}}(h)_i$ центров их перекрестий. Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |

3.7.5.3 Рассчитать биения вращения угломестной оси по формулам:

3.7.5.3.1 Координаты среднего положения центров вращения фланцев левой и правой опор относительно линии визирования теодолита Т1 в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$Z_{лев}(h)_{cp} = L_{лев} \times \tan Z_{лев}(h) - l_{лев} \times \tan Z_{лев}(h)_{\phi}; (мм) \quad (25)$$

$$Y_{лев}(h)_{cp} = L_{лев} \times \tan Y_{лев}(h) - l_{лев} \times \tan Y_{лев}(h)_{\phi}; (мм)$$

$$Z_{прав}(h)_{cp} = L_{прав} \times \tan Z_{прав}(h) - l_{прав} \times \tan Z_{прав}(h)_{\phi}; (мм) \quad (26)$$

$$Y_{прав}(h)_{cp} = L_{прав} \times \tan Y_{прав}(h) - l_{прав} \times \tan Y_{прав}(h)_{\phi}; (мм)$$

10.5.3.2 Координаты геометрических центров вращения фланцев левой и правой опор в положениях $i = 0^{\circ} \dots +90^{\circ}$ (с учетом биений вращения):

$$\Delta Y_{лев}(h)_i = Y_{лев}(h)_{cp} + [L_{лев} \times \tan \Delta Y_{лев}(h)_i - l_{лев} \times \tan \Delta Y_{лев}(h)_{\phi i}]; (мм) \quad (27)$$

$$\Delta Z_{лев}(h)_i = Z_{лев}(h)_{cp} + [L_{лев} \times \tan \Delta Z_{лев}(h)_i - l_{лев} \times \tan \Delta Z_{лев}(h)_{\phi i}]; (мм)$$

$$\Delta Y_{прав}(h)_i = Y_{прав}(h)_{cp} + [L_{прав} \times \tan \Delta Y_{прав}(h)_i - l_{прав} \times \tan \Delta Y_{прав}(h)_{\phi i}]; (мм)$$

$$\Delta Z_{прав}(h)_i = Z_{прав}(h)_{cp} + [L_{прав} \times \tan \Delta Z_{прав}(h)_i - l_{прав} \times \tan \Delta Z_{прав}(h)_{\phi i}]; (мм) \quad (28)$$

10.5.3.3 Биения вращения угломестной оси, как прямой соединяющей центры стыковочных фланцев ярма СБ12-12:

$$\Delta Y_i(h) = \arctan \left[\frac{\Delta Y_{прав}(h)_i - \Delta Y_{лев}(h)_i}{1610} \right]; (угл.секунд)$$

$$\Delta Z_i(h) = \arctan \left[\frac{\Delta Z_{прав}(h)_i - \Delta Z_{лев}(h)_i}{1610} \right]; (угл.секунд)$$

$$\Delta_i(h) = \sqrt{(\Delta Y_i(h))^2 + (\Delta Z_i(h))^2}; (угл.секунд) \quad (29)$$

где $L_{прав}$; $L_{лев}$ – измеренные с точностью не хуже ± 10 мм расстояния от теодолита Т1 до плоскости зеркал КЗ на левой и на правой опорах, согласно рисунку 10;

$l_{прав}$; $l_{лев}$ – измеренные с точностью не хуже ± 5 мм расстояния от плоскостей зеркал КЗ 1 и КЗ 2 до соответствующих стыковочных плоскостей ярма СБ12-12, согласно рисунку 10;

$Y_{прав, лев}(h)$; $Z_{прав, лев}(h)$ – рассчитанные по п. 3.7.5.2 параметры положения правой и левой опор;

$Y_{лев, прав}(h)_{\phi}$ и $Z_{лев, прав}(h)_{\phi}$ – рассчитанные по п. 3.7.5.1 параметры углового перекося правой и левой;

$\Delta Y_{прав, лев}(h)_{\phi i}$ и $\Delta Z_{прав, лев}(h)_{\phi i}$ – рассчитанные в п. 3.7.5.1 угловые биения вращения осей опор 1 и 2 оси сканирования;

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

$\Delta Y_{\text{прав, лев}}(h)_i$ и $\Delta Z_{\text{прав, лев}}(h)_i$ – рассчитанные в п. 3.7.5.2 угловые биения вращения центров КЗ на правой и левой опорах;

1610 (мм) – база ярма СБ12-12 по стыковочным плоскостям.

Результаты расчетов занести в соответствующие графы таблицы А13 (Приложение А).

Допустимая величина биений вращения угломестной оси не более 5 угловых секунд (п. 1.5.10 СМ-690 ТУ).

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 45 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

3.8 Средства измерений, вспомогательные средства, материалы

В процессе проведения контрольных измерений, по настоящей инструкции применяются средства измерений и вспомогательные средства согласно таблице 1.

Таблица 1 – Средства измерений, вспомогательные средства, материалы

| № п/п | Наименование | Количество | В тексте |
|-------|--|------------|----------|
| 1 | Теодолит автоколлимационный 3Т2КА | 2 | Т1, Т2 |
| 2 | Уровень электронный | 2 | ЭУ |
| 3 | Уровень брусковый 200-0,02 ГОСТ 9392-89 | 2 | У |
| 4 | Уровень с микрометрической подачей ампулы, ц/д. 0,01 мм/м., ГОСТ 11196 | 1 | У |
| 5 | Зеркало полупрозрачное с маркой | 4 | К31, К32 |
| 6 | СМ-690.09-140. Плита для установки уровней (в комплекте ОПУ СМ-690) | 1 | |
| 7 | Приспособление ВУ 7030-3624 для установки ППЗ на полуоси | 4 | |
| 8 | Стойка под теодолит 924.67.095 высотой 1600 мм | 2 | |
| 9 | Стойка под теодолит 924.67.094 высотой 800 мм | 4 | |
| 10 | Подставка под теодолит регулируемая 924.67.093 | 4 | |
| 11 | Площадка обслуживания 924.80.205 | 1 | |
| 12 | Психрометр ПБУ-1М ТУЗ-14307448.1.001-92 | 2 | |
| 13 | Квадрант оптический КО-10 | 1 | |
| 14 | Спирт этиловый ректификованный, ГОСТ 18300-87 | 500 мл. | |

Все применяемые контрольно-измерительные приборы и приспособления должны быть аттестованы (поверены) с отметкой в паспортах.

| | |
|---------------|--------------|
| Интв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Подп. и дата |
| Интв. № дубл. | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 46 |

Рабочие поверхности контрольных площадок, уровней перед установкой протирать ХБ салфеткой, смоченной спиртом ГОСТ 18300-87.

Контроль состояния и очистку поверхностей оптических элементов теодолитов производить в соответствии с эксплуатационной документацией на теодолиты.

3.9 Устройство и принцип работы приспособлений для контроля осей

Схема установки контрольного зеркала для контроля оси h, изображена на рисунке 13.

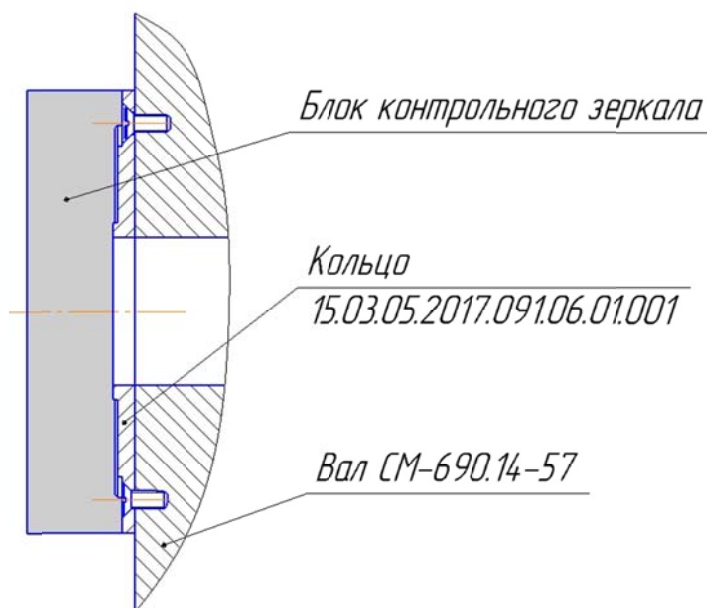


Рисунок 13 – Схема установки контрольного зеркала при контроле оси h

Данное приспособление представляет собой блок контрольного зеркала закрепленное на валу СМ-690.14-57 через переходное кольцо 15.03.05.2017.091.06.01.001, которое в свою очередь крепится с помощью четырех винтов. Блок зеркал крепится на правой и левой опорах.

Схема установки контрольного зеркала для контроля оси U, изображена на рисунке 14.

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист 47 |
| | | | | | | |

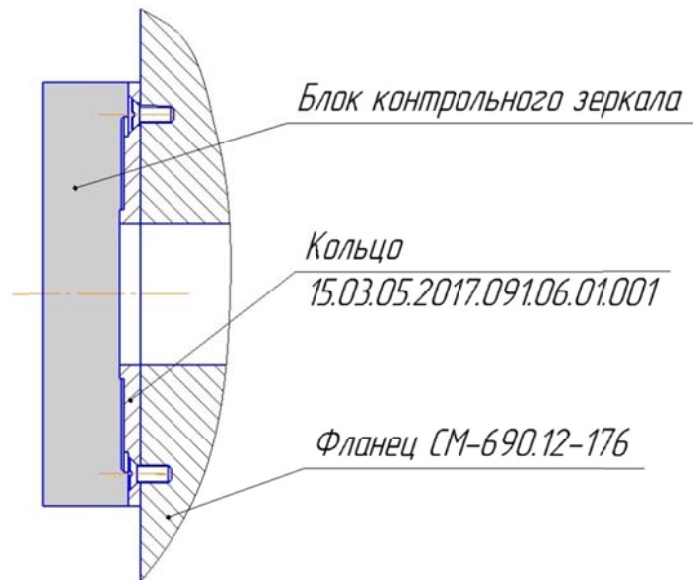


Рисунок 14 – Схема установки контрольного зеркала при контроле оси U

Данное приспособление представляет собой блок контрольного зеркала закрепленное на при помощи переходного кольца 15.03.05.2017.091.06.01.001, на фланце СМ-690.12-176 в случае установки с внешней стороны ярма СМ-690.СБ.12-12, на крышке СМ-690.СБ.12-119 в случае установки внутри ярма СМ-690.СБ.12-12.

3.10 Вывод по разделу три

По выбранному методу контроля разработана методика контроля точностных параметров осевых систем ОПУ СМ-690. Разработана схема контроля, методика проведения контрольных измерений и расчетов, а также спроектированы приспособления для контрольных зеркал.

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 48 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Оценка факторов трудового процесса при контроле точностных параметров ОПУ СМ-690

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» при эксплуатации и обслуживании установки на оператора влияют следующие опасные и вредные факторы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

4.1.1 Физические факторы:

- недостаточная освещенность рабочей зоны;

Недостаточная освещенность при напряженной зрительной работе приводит к быстрому утомлению, возникновению головных болей, ухудшению зрения. Уровень освещенности рабочего места должен соответствовать требованиям, предъявляемым к рабочим местам для проведения оптических измерений: СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

- прямая и отраженная блескость;

Блескость - это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов. Источником блескости являются контрольные зеркала, установленные на опорно-поворотном устройстве СМ-690.

- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности пола до площадки обслуживания $\approx 6,5$ м;

В процессе проведения работ по контролю геометрических параметров ОПУ исполнители должны соблюдать требования соответствующих нормативных документов, при работах на площадках обслуживания не превышать максимально допустимой нагрузки на них, закрывать ограждающие устройства площадок обслуживания (при наличии таковых). Площадки обслуживания должны устанавливаться на ровном основании, соответствующие опорные домкраты площадок обслуживания должны быть опущены в рабочее положение.

- электрооборудование, находящееся под напряжением;

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Электроснабжение ОПУ СМ-690 – сеть трехфазного тока; питающее напряжение $U = 380 \text{ В}$; сила тока $I = 3 \text{ А}$.

При работах с электрооборудованием необходимо соблюдать соответствующие требования по электробезопасности [5].

— обеспечение температурных условий $20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ в процессе проведения контрольных замеров, при этом колебания температуры в процессе измерений не должны превышать $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Объект измерений перед началом контроля должен быть выдержан при данных условиях не менее 4-х часов для выравнивания температуры его составных частей.

— относительная влажность воздуха в помещении должна находиться в пределах 50-85%.

— измерения температуры и влажности производить психрометрами ПБУ-1М ТУЗ-14307448.1.001-92, установленными с 2-х сторон контролируемого ОПУ, разность показаний термометров не должна превышать 1°C .

— в помещении должны быть отключены оборудование и устройства, вызывающие вибрации элементов ОПУ и контрольно-измерительных средств (краны, вентиляционные устройства и т.п.).

В связи с чрезвычайно жесткими допусками контролируемых параметров, составляющими единицы угловых секунд, начатые измерения после настройки теодолитов по возможности должны быть закончены теми же исполнителями, передача измерений одних и тех же параметров другой смене нежелательна.

В процессе проведения контрольно-юстировочных измерений проведение каких либо иных работ на ОПУ не допускается!

4.1.2 Химические факторы:

— токсические;

Спирт этиловый ректификованный по степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности по ГОСТ 18300-87 [6]. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров этилового спирта в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 1000 мг/м^3 . Этиловый спирт - бесцветная легковоспламеняющаяся жидкость. Температура вспышки - не менее 13°C , температура самовоспламенения - не менее 404°C , концентрационные пределы распространения пламени: нижний - 3,6%, верхний - 19% (по объему). Температурные пределы распространения пламени насыщенных паров спирта в воздухе: нижний - 11°C , верхний - 41°C . Категория и группа взрывоопасной смеси

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | |
| | | | | | |

| |
|------|
| Лист |
| 50 |

этилового спирта с воздухом - ПА-Т2. Определение показателей спирта этилового ректифицированного проводят по ГОСТ 12.1.044-84.

4.1.3 Психофизиологические производственные факторы:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

а) физические перегрузки:

- статические (постоянная рабочая поза);
- динамические (подъем и переноска тяжестей), [7].

Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную: подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час): для мужчин – до 15 кг;

Рабочая поза: периодическое, до 50 % времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) до 25 % времени смены. Нахождение в позе стоя до 80 % времени смены.

Наклоны корпуса: наклоны корпуса (вынужденные более 30°), количество за смену – 101-300.

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса при контроле ОПУ СМ-690 – вредный (напряженность труда первой степени).

б) нервно-психические:

Интеллектуальные нагрузки.

Содержание работы: решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций).

Восприятие сигналов (информации) и их оценка: восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров.

Распределение функций по степени сложности задания: обработка, проверка и контроль за выполнением задания.

Сенсорные нагрузки.

Длительность сосредоточенного наблюдения (% времени смены) - 51—75.

Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы – до 75.

Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены): 51-75.

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 51 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Монотонность нагрузок.

Продолжительность (в сек.) выполнения простых заданий или повторяющихся операций: 24-10.

Режим работы.

Фактическая продолжительность рабочего дня: 6—7 ч;

Сменность работы: односменная работа (без ночной смены);

Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность. Перерывы регламентированы, достаточной продолжительности: 7 % и более рабочего времени. Во избежание ошибок измерений в связи со значительной нагрузкой на зрение юстировщика, необходимо предусматривать перерывы не менее 15 минут через каждые 30 минут измерений.

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса при контроле ОПУ СМ-690 – вредный (напряженность труда первой степени).

Требования к квалификации исполнителей.

К работам по проведению контрольных операций допускаются исполнители, имеющие соответствующую квалификацию и прошедшие соответствующую аттестацию для проведения юстировочных работ, имеющие опыт работ не менее 3 лет.

4.2 Расчет параметров микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 цеха №69

4.2.1 Обоснование параметров микроклимата

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами: температурой воздуха t , °С; влажность, %; скорость движения воздуха на рабочем месте V , м/с.

Изменение микроклимата приводит не только к снижению работоспособности человека, но и также в процессе контроля точностных параметров ОПУ СМ-690 значительно влияет на изменение размеров металлических деталей при колебании температуры воздуха, вследствие чего появляются деформации конструкции ОПУ, поэтому используются оптимальные значения этих параметров для нормальной работы.

Согласно рекомендациям [9], данный процесс контроля точностных параметров ОПУ СМ-690 относится к IIа категории работ: у категории IIа

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докum. | Подпись | Дата | | 52 |
| | | | | | | |

относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/ч (175-232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

Приборы:

- 1) Гигрометр testo 608-H1;
- 2) Термоанемометр testo 425.

Показатели микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 цеха №69

| Параметры микроклимата | Фактические значения | Оптимальные значения | | Допустимые значения | | | |
|--|----------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | холодный период года | теплый период года | холодный период года | | теплый период года | |
| | | | | диапазон ниже оптимальных величин | диапазон выше оптимальных величин | диапазон выше оптимальных величин | диапазон выше оптимальных величин |
| Температура воздуха t , °С | 16° | 19-21 | 20-22 | 17,0-18,9 | 21,1-23,0 | 18,0-19,9 | 22,1-27,0 |
| Относительная влажность воздуха ψ , % | 50 | 60-40 | 60-40 | 15-75 | | 15-75 | |
| Скорость движения воздуха V , м/с | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1-0,3 | | 0,1-0,4 | |

ия микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 цеха №69 за исключением температуры соответствуют оптимальным значениям, в соответствии с СанПин 2.2.4548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», необходимым для процесса контроля ОПУ СМ-690.

Время пребывания на рабочих местах при температуре выше допустимых величин 22,1-27,0° С при IIa категории работ: 7 часов.

Время пребывания на рабочих местах при температуре ниже допустимых величин 17,0-18,9° С при IIa категории работ: 7 часов.

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 53 |

4.3 Вывод по разделу четыре

Произведена оценка факторов трудового процесса при контроле точностных параметров ОПУ СМ-690 и присвоен класс условий труда по показателям напряженности трудового процесса - вредный (напряженность труда первой степени).

Произведен расчет параметров микроклимата участка сборки и контроля ОПУ СМ-690 цеха №69, а также изложена организация гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций АО «НИИ «Гермес».

| | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | |
| | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ |
| | | | | | Лист |
| | | | | | 54 |

5 Технико-экономическое обоснование результатов работы

5.1 Расчет трудоемкости научно-исследовательской работы (НИР)

В экономической части дипломной работы предлагается рассмотреть расчет затрат на НИР.

Перед тем как произвести расчет затрат на НИР, проведем расчет трудоемкости, используя отраслевую методику технико-экономического нормирования научно-исследовательских и опытно-технологических работ на основе применения укрупненных нормативов трудоемкости научно-исследовательских и опытно-технологических работ (НИОТР) [8]. Для начала определим группу новизны и группу сложности данной НИР.

Данная НИР относится к:

— 4 группе новизны – исследование принципиально новых техпроцессов на существующем оборудовании, разработка технологических схем. Написание ТЗ на разработку новых техпроцессов на существующем оборудовании.

— 5 группе сложности – исследование новых техпроцессов и разработка нового оборудования. Разработка технологических схем и макета нового оборудования. Написание ТЗ на разработку новых техпроцессов и опытного образца оборудования по технологическим методам «Обработка», «Сборка», «Контроль (испытания)».

Данная НИР включает следующие этапы:

5.1.1 Анализ исходных материалов. Разработка перспективного технологического процесса и выдача требований на создание новой технологии

5.1.1.1 Поисковые исследования: отбор и изучение научно-технической литературы, нормативно-технической документации, эксплуатационной информации об аналогах

Трудоемкость этапа:

$$T_1 = t \cdot k; \quad (30)$$

где t – трудоемкость этапа, чел/мес, [8, с 136];

k – ориентировочный коэффициент взвешенных частей, %, [8, с 136].

$$T_1 = 2,2 \cdot 40\% = 0,88 \text{ чел/мес.}$$

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 55 |

5.1.2 Разработка методологии проведения исследований. Разработка НИР

5.1.2.1 Разработка, согласование и утверждение технического задания на разработку перспективной технологии

Трудоемкость этапа определим по формуле (30):

$$T_2=4,2 \cdot 60\%=2,52 \text{ чел/мес.}$$

5.1.3 Разработка проектной и технологической документации для опытно-промышленного производства

5.1.3.1 Разработка и опробование (отработка) рабочей технологии для опытного производства на существующем оборудовании:

— разработка рабочей технологии для опытного производства на существующем оборудовании;

— опробование (отработка) рабочей технологии для опытного производства на существующем оборудовании.

Трудоемкость этапа определим по формуле (30):

$$T_3=16 \cdot 75\%=12 \text{ чел/мес.}$$

Общая трудоемкость:

$$T_{об}=T_1+ T_2+ T_3; \quad (31)$$
$$T_{об}=0,88+2,52+12=15,4 \text{ чел/мес.}$$

5.2. Затраты на НИР

Общая сумма затрат на НИР определяется по смете затрат, в которую включаются следующие статьи расходов:

- заработная плата исполнителей;
- начисления на заработную плату;
- затраты на материалы и комплектующие изделия;
- услуги сторонних организаций и предприятий;
- командировочные расходы;
- прочие прямые расходы;
- затраты на спецоборудование;
- накладные расходы.

| | | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|----------------------|------|
| Интв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Интв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 56 |
| | | | | | | |

Исходные данные:

- количество исполнителей НИР - 3.

штат:

- начальник отдела (заработная плата 45 000 рублей);

- инженер-технолог 2 категории (заработная плата 30 000 рублей);

- инженер-технолог 3 категории (заработная плата 20 000 рублей).

загрузка работников при выполнении НИР:

- для начальника отдела— 1 месяц;

- для инженер-технолога 2 категории — 3 месяца;

- для инженер-технолога 3 категории — 12 месяцев.

5.2.1 Расчет прямых расходов

5.2.1.1 Расчет заработной платы

Затраты на заработную плату рассчитываются на основе численности работников, их квалификации, месячных должностных окладов, часовых тарифных ставок и трудоемкости работ. Фонд заработной платы рассчитывается по формуле (32):

$$\text{ФЗП} = \sum_1^m (D_i \cdot k \cdot T_i \cdot n); \quad (32)$$

где D_i – месячный должностной оклад работника, руб.;

T_i - общее время работы за срок исполнения НИР, месяц;

($T_i = 1,3$ и 12 месяцев)

k – уральский коэффициент, $k=1,15$;

m - число категорий;

n - количество работников данной категории;

($n = 1$ человек).

$$\text{ФЗП} = 45\,000 \cdot 1,15 \cdot 1 + 30\,000 \cdot 1,15 \cdot 3 + 20\,000 \cdot 1,15 \cdot 12 = 431\,250 \text{ (руб.)}$$

5.2.1.2 Начисления на заработную плату

Отчисления во внебюджетные фонды (отчисления на социальные нужды) составляют 30 % от фонда заработной платы (ФЗП):

$$\text{ОВФ} = \text{ФЗП} \cdot 30\%; \quad (33)$$

$$\text{ОВФ} = 431\,250 \cdot 0,3 = 129\,375 \text{ (руб.)}$$

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

15.03.05.2017.091 ПЗ

Лист

57

Итого: общий фонд заработной платы с начислениями составляет:

$$\text{ФЗПо} = \text{ФЗП} + \text{ОВФ}; \quad (34)$$

$$\text{ФЗПо} = 431\,250 + 129\,375 = 560\,625 \text{ (руб.)}$$

5.2.1.3 Затраты на материалы и комплектующие изделия

Затраты на материалы и комплектующие изделия связанные с НИР - это картридж, бумага, карандаши и т.д. В связи с незначительным размером, затраты на эту статью не учитываем.

5.2.1.4 Услуги сторонних организаций

К услугам сторонних организаций и предприятий относятся работы, выполняемые на основе договорных условий с предприятиями и организациями.

Стоимость этих работ рассчитывается в соответствие со сметой, которая является приложением к договору. При выполнении НИР услугами сторонних организаций не пользовались, таким образом затраты по этой статье отсутствуют.

5.2.1.5 Командировочные расходы

Суммы расходов на командировки рассчитываются по нормативам в зависимости от общей суммы средств, выделяемых на НИР, которая, в свою очередь, определяется на основе договорных условий или экспертных оценок. При выполнении НИР командировки не предусматривались, таким образом затраты по этой статье отсутствуют.

5.2.1.6 Прочие прямые расходы

К прочим прямым расходам можно отнести затраты на литературу, подготовку специальной научно-технической информации, затраты на оплату пользования платными патентными и другими информационными ресурсам. Сумма прочих прямых расходов определяется на уровне 1 % от общего фонда заработной платы (ФЗПо):

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 58 |
| | | | | | | |

$$\begin{aligned} \text{Ппр} &= \Phi\text{ЗПо} \cdot 0,01; \\ \text{Ппр} &= 560\,625 \cdot 0,01 = 5\,606 \text{ (руб.)}. \end{aligned} \quad (35)$$

5.2.1.7 Расходы на спецоборудование

Расходы на спецоборудование определяются в зависимости от его видов, количества, оптовых цен, стоимости транспортных расходов и установки. Расходы по этой статье отсутствуют.

5.2.1.8 Амортизация оборудования

Стоимость специального оборудования приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Стоимость специального оборудования

| Оборудование | Стоимость единицы, руб. | Количество, единиц | Стоимость полная, руб. |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| Компьютер персональный Intelcore i5 | 25000 | 3 | 75000 |
| Принтер HP Laserjet 1200 | 9000 | 1 | 9000 |

При учете амортизационного срока 5 лет и длительности НИР (12 месяцев) в смету затрат включены амортизационные отчисления:

$$\Phi_0 = (C_1 + C_2) \cdot 1/a \cdot 12/b; \quad (36)$$

где C_1 и C_2 – полная стоимость компьютера персонального Intelcore i5 и принтера HP Laserjet 1200;

a – амортизационный срок, лет;

b – продолжительность НИР, месяц.

$$\Phi_0 = (75000 + 9000) \cdot 1/5 \cdot 12/12 = 16\,800 \text{ (руб.)}.$$

5.2.1.9 Затраты на электроэнергию.

Эта статья несет в себе стоимость электроэнергии, потребленной в ходе выполнения работы, рассчитывается исходя из количества потребляемой энергии и тарифов (стоимости 1 кВт.ч):

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

$$\text{Э} = \text{Нр.э.} \cdot \text{Q} \cdot \text{Ц}; \quad (37)$$

где Нр.э. - норма расхода электроэнергии на единицу работ, кВт·ч;

Q - объем работ в натуральном выражении, ч;

Ц - тариф за 1 кВт·ч, руб.

$$\text{Э} = 0,45 \cdot 2608 \cdot 3,3 = 3\,873 \text{ (руб.)}$$

5.2.1.10 Прямые затраты на НИР состоят из общего фонда заработной платы, прочих прямых расходов, амортизации оборудования и затрат на электроэнергию:

$$\text{ПЗ} = \text{ФЗПо} + \text{Ппр} + \text{Ф}_o + \text{Э}; \quad (38)$$

$$\text{ПЗ} = 560\,625 + 5\,606 + 16\,800 + 3\,873 = 586\,904 \text{ (руб.)}$$

5.2.2 Расчет накладных расходов

Накладные расходы определяются по нормативам, устанавливаемым к предыдущим статьям калькуляции по НИР. Уровень накладных расходов составляет 130 % от суммы прямых расходов:

$$\text{НР} = \text{ПЗ} \cdot 130\%; \quad (39)$$

$$\text{НР} = 586\,904 \cdot 1,3 = 762\,975 \text{ (руб.)}$$

Итого, себестоимость разработки составляет:

$$\text{С} = \text{ПЗ} + \text{НР}; \quad (40)$$

$$\text{С} = 586\,904 + 762\,975 = 1\,349\,880 \text{ (руб.)}$$

В таблице 4 приведена смета затрат на НИР.

Таблица 4 - Смета затрат на НИР

| Статьи затрат | Сумма затрат, руб. |
|--|--------------------|
| Прямые расходы | |
| 1. Фонд основной заработной платы | 431 250 |
| 2. Начисления на заработную плату | 129 375 |
| 3. Фонд основной заработной платы с начислениями (фонд оплаты труда) | 560 625 |
| 4. Амортизация оборудования | 16 800 |
| 5. Электроэнергия | 3 873 |
| 6. Прочие прямые расходы | 5 606 |
| Итого, прямые затраты на НИР | 586 904 |
| 7. Накладные расходы | 762 975 |
| ИТОГО: Затраты на НИР. | 1 349 880 |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения точности позиционирования и сопровождения оптическим телескопом космических объектов была разработана методика и оснастка для контроля точностных параметров осевых систем опорно-поворотного устройства СМ-690.

Суть методики заключается в установлении действительного отклонения от перпендикулярности осей ОПУ СМ-690, определение качества их вращения и последующая корректировка этих отклонения за счет регулировки опор угломестной оси и выставлении их соосно относительно друг друга, регулировки опор оси сканирования и выставление их как соосно, так и перпендикулярно относительно угломестной оси.

Измерения по данной методике проводились на АО «Златмаш» в цехе №69, по предварительным расчетам точностных параметров ОПУ СМ-690 отклонение от перпендикулярности осей А и h составило 4,3'' (угловых секунд), что не превысило допуск $\pm 5''$. После установки регулировочных прокладок (расчетная толщина $\delta = 0,034$ мм), и установки ГММ ЦОМ отклонение вновь составило 3,4'', что полностью соответствует требованиям технических условий ОПУ СМ-690.

| | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |
| | | | | |
| 15.03.05.2017.091 ПЗ | | | | Лист |
| | | | | 62 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Методика. Определение геометрических параметров осевых систем ОПУ СМ-690 на заводском этапе изготовления. – Спб.: ОАО «КБСМ», 2010. – 68 с.
- 2 ТУ СМ-690. Технические условия. – Спб.: ОАО «КБСМ», 2010. – 36 с.
- 3 Жуков, Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: Монография / Б.Н. Жуков – Новосибирск: Изд-во СГГА, 2003. – 356 с.
- 4 Бронштейн, И.Н. «Справочник по математике» / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Изд-во «Наука», 1980. – 609 с.
- 5 Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2002. – 280 с.
- 6 ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректифицированный технический. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 7 с.
- 7 Руководство Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Изд-во "Безопасность труда и жизни", 2006. – 116 с.
- 8 Методика. Отраслевая методика технико-экономического нормирования научно-исследовательских и опытно-технологических работ на основе применения укрупненных нормативов трудоемкости НИОТР. – М.: Машиностроение, 1990. – 126 с.
- 9 Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. О.Н. Русакова. – 3-е изд., пе-рераб. и доп. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд., 1989. – Т.1. – 541 с.
- 10 СТО ЮУрГУ 04 – 2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | | | | | | | | | | Лист | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 63 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ А
 (обязательное)
 Протоколы работ

| | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 64 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | |

Таблица А.1 – Предварительный контроль положения азимутальной оси

| Результаты контроля | | | |
|--|---|----------------|-------------|
| ε_{1i} | Показания квадрантов 1 и 2, полученные при контроле | | |
| | Квадрант 2 | Квадрант 1 | |
| | x_i (секунд) | y_i (секунд) | |
| 0^0 | 4 | 8 | |
| 90^0 | -16 | 8 | |
| 180^0 | -6 | -8 | |
| 270^0 | -4 | -1 | |
| $X(A) = \frac{1}{4}(X_0 - X_{180} + Y_{90} - Y_{270})$ | 5 | Допуск | $\leq 10''$ |
| $Y(A) = \frac{1}{4}(Y_0 - Y_{180} + X_{270} - X_{90})$ | 8 | | $\leq 10''$ |
| $\Delta X(II) = \frac{1}{2}(X_0 + X_{180})$ | -1 | | $\leq 5''$ |
| $\Delta Y(II) = \frac{1}{2}(Y_0 + Y_{180})$ | 0 | | $\leq 5''$ |

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 65 |

Таблица А.2 – Контроль положения и биений азимутальной оси

| ε_{1i} | Показания уровней 1 и 2, полученные при контроле | | | |
|--------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Ход прямо | | Ход обратно | |
| | Уровень 2 (секунд) | Уровень 1 (секунд) | Уровень 2 (секунд) | Уровень 1 (секунд) |
| | x_i | y_i | x_i | y_i |
| 270 ⁰ | -4 | -1 | -4 | 0 |
| 225 ⁰ | -4 | 0 | -2 | 0 |
| 180 ⁰ | -6 | -6 | -5 | -8 |
| 135 ⁰ | -18 | 0 | -18 | -2 |
| 90 ⁰ | -16 | 12 | -16 | 8 |
| 45 ⁰ | -4 | 20 | -4 | 16 |
| 0 ⁰ | 4 | 8 | 4 | 6 |
| -45 ⁰ | -2 | 0 | -1 | -1 |
| -90 ⁰ | -4 | 1 | -4 | 0 |
| -135 ⁰ | -1 | 0 | -1 | 0 |
| -180 ⁰ | -6 | -6 | -6 | -7 |
| -225 ⁰ | -20 | 0 | -20 | 0 |
| -270 ⁰ | -16 | 10 | -16 | 10 |

Результаты расчета параметров оси А

| | Ход прямо | | Ход обратно | | Средние 2-х приемов | | ΔA |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | X(A) | Y(A) | X(A) | Y(A) | X(A) | Y(A) | |
| | -6,59 | 4,15 | -6,40 | 2,90 | 4,29 | 7,15 | 8,34 |
| ε_{1i} | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta \Sigma$ |
| 270 ⁰ | -4,63 | -0,52 | -4,68 | 1,06 | -4,66 | 0,27 | 4,66 |
| 225 ⁰ | 0,75 | 4,23 | 2,19 | 4,91 | 1,47 | 4,57 | 4,80 |
| 180 ⁰ | 5,21 | -2,93 | 5,36 | -3,82 | 5,29 | -3,38 | 6,27 |
| 135 ⁰ | -3,04 | -2,32 | -3,80 | -2,69 | -3,42 | -2,51 | 4,24 |
| 90 ⁰ | -2,19 | 3,22 | -2,52 | 1,14 | -2,36 | 2,18 | 3,21 |
| 45 ⁰ | 4,42 | 7,47 | 4,60 | 5,29 | 4,51 | 6,38 | 7,82 |
| 0 ⁰ | 5,96 | -3,37 | 6,44 | -3,98 | 6,20 | -3,67 | 7,21 |
| -45 ⁰ | -3,79 | -5,98 | -2,41 | -6,11 | -3,10 | -6,04 | 6,79 |
| -90 ⁰ | -4,63 | 1,48 | -4,68 | 1,06 | -4,66 | 1,27 | 4,83 |
| -135 ⁰ | 3,75 | 4,23 | 3,19 | 4,91 | 3,47 | 4,57 | 5,74 |
| -180 ⁰ | 5,21 | -2,93 | 4,36 | -2,82 | 4,79 | -2,88 | 5,58 |
| -225 ⁰ | -4,84 | -3,80 | -5,53 | -2,08 | -5,19 | -2,94 | 5,96 |
| -270 ⁰ | -2,19 | 1,22 | -2,52 | 3,14 | -2,36 | 2,18 | 3,21 |

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Изн. № подл. | Взам. инв. № | Изн. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Таблица А.3 – Контроль и расчет положения нормалей и центров КЗ правой опоры угломестной оси

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-------|--------|--|-------|--------|--|-------|--------|--|-------|--------|
| Место зенита теодолита Т1, угловых секунд (M _z) | | | | | | | | | | | 1 | |
| L _{прав} (мм) | | | | 280 | | | L _{лев} (мм) | | | | 1800 | |
| l _{прав} (мм) | | | | 280 | | | L _{лев} (мм) | | | | 3300 | |
| Угловые координаты нормалей КЗ правой опоры (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
| Ход прямо | | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| По вертикали Z _{i_{hφ}} | | | | По горизонтали Y _{i_{hφ}} | | | По вертикали Z _{i_{hφ}} | | | По горизонтали Y _{i_{hφ}} | | |
| ε _{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 1 | 179 | 59 | 50 | 90 | 0 | 1 | 179 | 59 | 50 |
| 15 | 90 | 0 | 5 | 179 | 59 | 48 | 90 | 0 | 5 | 179 | 59 | 48 |
| 30 | 90 | 0 | 8 | 179 | 59 | 46 | 90 | 0 | 8 | 179 | 59 | 46 |
| 45 | 90 | 0 | 10 | 179 | 59 | 43 | 90 | 0 | 10 | 179 | 59 | 43 |
| 60 | 90 | 0 | 12 | 179 | 59 | 41 | 90 | 0 | 12 | 179 | 59 | 41 |
| 75 | 90 | 0 | 11 | 179 | 59 | 41 | 90 | 0 | 11 | 179 | 59 | 41 |
| 90 | 90 | 0 | 9 | 179 | 59 | 40 | 90 | 0 | 9 | 179 | 59 | 40 |
| Угловые координаты центров перекрестий КЗ правой опоры (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
| Ход прямо | | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| По вертикали Z _{i_h} | | | | По горизонтали Y _{i_h} | | | По вертикали Z _{i_h} | | | По горизонтали Y _{i_h} | | |
| ε _{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 8 | 180 | 0 | 3 | 90 | 0 | 8 | 180 | 0 | 3 |
| 15 | 90 | 0 | 5 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 5 | 179 | 59 | 59 |
| 30 | 90 | 0 | 3 | 179 | 59 | 58 | 90 | 0 | 3 | 179 | 59 | 58 |
| 45 | 90 | 0 | 0 | 179 | 59 | 56 | 90 | 0 | 0 | 179 | 59 | 56 |
| 60 | 89 | 59 | 57 | 179 | 59 | 55 | 89 | 59 | 57 | 179 | 59 | 55 |
| 75 | 89 | 59 | 55 | 179 | 59 | 58 | 89 | 59 | 55 | 179 | 59 | 58 |
| 90 | 89 | 59 | 52 | 180 | 0 | 0 | 89 | 59 | 52 | 180 | 0 | 0 |
| Угловые параметры поворота оси вращения опоры (средние 2-х приемов) | | | | | | | | | | | | |
| В вертикальной плоскости O _{zφ} (секунд) | | | | | | | 7,39 | | | | | |
| В горизонтальной плоскости O _{yφ} (секунд) | | | | | | | -5,92 | | | | | |
| Угловые параметры положения центра вращения опоры (средние 2-х приемов) | | | | | | | | | | | | |
| В вертикальной плоскости O _z (секунд) | | | | | | | 0,71 | | | | | |
| В горизонтальной плоскости O _y (секунд) | | | | | | | -9,73 | | | | | |

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Таблица А.4 – Контроль и расчет положения нормалей и центров КЗ левой опоры угломестной оси

| Угловые координаты нормали КЗ левой опоры (КЗ 2) | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|
| | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| | По вертикали $Z_{i_{h\phi}}$ | | | По горизонтали $Y_{i_{h\phi}}$ | | | По вертикали $Z_{i_{h\phi}}$ | | | По горизонтали $Y_{i_{h\phi}}$ | | |
| ϵ_{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 7 | 180 | 0 | 12 | 90 | 0 | 7 | 180 | 0 | 12 |
| 15 | 89 | 59 | 58 | 179 | 59 | 59 | 89 | 59 | 58 | 179 | 59 | 59 |
| 30 | 89 | 59 | 55 | 179 | 59 | 55 | 89 | 59 | 55 | 179 | 59 | 55 |
| 45 | 89 | 59 | 52 | 179 | 59 | 53 | 89 | 59 | 52 | 179 | 59 | 53 |
| 60 | 89 | 59 | 53 | 179 | 59 | 50 | 89 | 59 | 53 | 179 | 59 | 50 |
| 75 | 89 | 59 | 52 | 179 | 59 | 48 | 89 | 59 | 52 | 179 | 59 | 48 |
| 90 | 89 | 59 | 50 | 179 | 59 | 45 | 89 | 59 | 50 | 179 | 59 | 45 |

| Угловые координаты центров перекрестий КЗ левой опоры (КЗ 2) | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|
| | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| | По вертикали Z_{i_h} | | | По горизонтали Y_{i_h} | | | По вертикали Z_{i_h} | | | По горизонтали Y_{i_h} | | |
| ϵ_{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 1 | 179 | 59 | 55 | 90 | 0 | 1 | 179 | 59 | 55 |
| 15 | 89 | 59 | 58 | 179 | 59 | 55 | 89 | 59 | 58 | 179 | 59 | 55 |
| 30 | 90 | 0 | 2 | 179 | 59 | 50 | 90 | 0 | 2 | 179 | 59 | 50 |
| 45 | 90 | 0 | 4 | 179 | 59 | 48 | 90 | 0 | 4 | 179 | 59 | 48 |
| 60 | 90 | 0 | 7 | 179 | 59 | 50 | 90 | 0 | 7 | 179 | 59 | 50 |
| 75 | 90 | 0 | 6 | 179 | 59 | 55 | 90 | 0 | 6 | 179 | 59 | 55 |
| 90 | 90 | 0 | 6 | 180 | 0 | 2 | 90 | 0 | 6 | 180 | 0 | 2 |

| Угловые параметры поворота оси вращения опоры (средние 2-х приемов) | |
|---|--------|
| В вертикальной плоскости $O_{z\phi}$ (секунд) | -15,90 |
| В горизонтальной плоскости $O_{y\phi}$ (секунд) | 11,78 |
| Угловые параметры положения центра вращения опоры (средние 2-х приемов) | |
| В вертикальной плоскости O_z (секунд) | -0,20 |
| В горизонтальной плоскости O_v (секунд) | -0,45 |

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Таблица А.5 – Расчет параметров положения опор правой и левой угломестной оси

| | | | |
|---|--------|---|--------|
| Отклонения от параллельности осей вращения валов опор правой и левой (секунд) | | | |
| По вертикали $\Delta O_{z\phi}$ | -23,29 | По горизонтали $\Delta O_{y\phi}$ | 17,70 |
| Линейные координаты Z и Y центра вращения КЗ правой опоры (мм) | | | |
| По вертикали $Z_{прав} = L_{прав} \times \tan g(O_{z_{прав}})$ | 0,006 | По горизонтали $Y_{прав} = L_{прав} \times \tan g(O_{y_{прав}})$ | -0,085 |
| Линейные координаты Z и Y центра вращения КЗ левой опоры (мм) | | | |
| По вертикали $Z_{лев} = L_{лев} \times \tan g(O_{z_{лев}})$ | -0,003 | По горизонтали $Y_{лев} = L_{лев} \times \tan g(O_{y_{лев}})$ | -0,007 |
| Отклонения от соосности осей вращения опор правой и левой (в плоскостях стыка опор с ярмом), мм | | | |
| По вертикали $\Delta Z_{прав-лев} = (Z_{прав} + l_{прав} \times \tan g O_{z\phi_{прав}}) - (Z_{лев} + l_{лев} \times \tan g O_{z\phi_{лев}})$ | | | -0,009 |
| По горизонтали $\Delta Y_{прав-лев} = (Y_{прав} + l_{прав} \times \tan g O_{y\phi_{прав}}) - (Y_{лев} + l_{лев} \times \tan g O_{y\phi_{лев}})$ | | | 0,073 |
| Суммарная несоосность $\Delta \Sigma_{прав-лев} = \sqrt{(\Delta Z_{прав-лев})^2 + (\Delta Y_{прав-лев})^2}$ | | | 0,074 |

Таблица А.6 – Предварительный расчет отклонения от перпендикулярности азимутальной и угломестных осей. Расчет толщины прокладок

| | |
|---|-------|
| Отклонение угломестной оси от горизонтальности (секунд) | |
| $\beta_h = \arctan \left[\frac{(L_{прав} \times \tan O_{\phi z_{прав}} - l'_{прав} \times \tan O_{z_{прав}}) - (L_{лев} \times \tan O_{z_{лев}} + l'_{лев} \times \tan O_{z\phi_{лев}})}{B} \right]$ | 0,0 |
| Отклонение азимутальной и угломестной осей от перпендикулярности (секунд) | |
| $\psi = X(A) - \beta_h$ | 4,3 |
| Толщина регулировочной прокладки под опоры, (мм) | |
| $\Delta h = B \times \tan \psi$ (мм); | 0,034 |

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Таблица А.7 – Контроль положения оси сканирования (U)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------|--------|----------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|----------------------------|-------|--------|--|
| Место зенита теодолита Т1, угловых секунд (M_2) | | | | | | | | | | | 4,0 | | |
| L_1 (мм) | | | | 2300 | | | L_2 (мм) | | | | 2300 | | |
| l_1 (мм) | | | | 1600 | | | l_2 (мм) | | | | 1600 | | |
| Угловые координаты нормалей «дальнего» КЗ (КЗ 2) | | | | | | | | | | | | | |
| ε_{3i} | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | | |
| | По вертикали $Z_2(U)_i$ | | | По горизонтали $X_2(U)_i$ | | | По вертикали $Z_2(U)_i$ | | | По горизонтали $X_2(U)_i$ | | | |
| | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | |
| -30 | 90 | 0 | 49 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 49 | 179 | 59 | 59 | |
| -20 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |
| -10 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |
| 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | |
| 10 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | |
| 20 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 | |
| 30 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 | |
| Угловые координаты центров перекрестий «дальнего» КЗ (КЗ 2) | | | | | | | | | | | | | |
| ε_{3i} | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | | |
| | По вертикали $Z'_2(U)_i$ | | | По горизонтали $X'_2(U)_i$ | | | По вертикали $Z'_2(U)_i$ | | | По горизонтали $X'_2(U)_i$ | | | |
| | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | |
| -30 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |
| -20 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |
| -10 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |
| 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | |
| 10 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | |
| 20 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |
| 30 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | |

| | |
|--------------|--------------|
| Изн. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Подп. и дата |
| Инв. № дубл. | Подп. и дата |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 70 |

Окончание таблицы А.7

| Угловые координаты нормалей «ближнего» КЗ (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------|--------|---------------------------|-------|--------|-------------------------|-------|--------|---------------------------|-------|--------|
| ε_{3i} | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| | По вертикали $Z_1(U)_i$ | | | По горизонтали $X_1(U)_i$ | | | По вертикали $Z_1(U)_i$ | | | По горизонтали $X_1(U)_i$ | | |
| | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| -30 | 90 | 0 | 49 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 49 | 179 | 59 | 59 |
| -20 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |
| -10 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |
| 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 |
| 10 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 |
| 20 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 |
| 30 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 1 |

| Угловые координаты центров перекрестий «ближнего» КЗ (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------|--------|----------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|----------------------------|-------|--------|
| ε_{3i} | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| | По вертикали $Z'_1(U)_i$ | | | По горизонтали $X'_1(U)_i$ | | | По вертикали $Z'_1(U)_i$ | | | По горизонтали $X'_1(U)_i$ | | |
| | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| -30 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |
| -20 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |
| -10 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |
| 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 |
| 10 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 | 90 | 0 | 50 | 180 | 0 | 0 |
| 20 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |
| 30 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 | 90 | 0 | 50 | 179 | 59 | 59 |

| Углы при визировании теодолитов Т1 и Т2 «трубка в трубку» | | | | | | | |
|---|--------|-------|--------|------------|--------|-------|--------|
| α_1 | градус | минут | секунд | α_2 | градус | минут | секунд |
| | | 90 | 0 | | 0 | | 270 |

| | |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инв. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Таблица А.8 – Расчет параметров $X_{1,2}(U)_\phi$ и $Z_{1,2}(U)_\phi$ углового положения сканирующей оси в горизонтальной (XY) и вертикальной (ZY) плоскостях и биений их вращения $\Delta X_{1,2}(U)_{\phi i}$ и $\Delta Z_{1,2}(U)_{\phi i}$

| Угловые параметры положения оси вращения опоры 2 | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------|----------------------------|---|-------------|----------------------------|
| В вертикальной плоскости $Z_2(U)_\phi$ (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 4,3 | | 4,3 | | 4,3 | | |
| В горизонтальной плоскости $X_2(U)_\phi$ (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 2,4 | | 2,4 | | 2,4 | | |
| Биения вращения оси опоры 2 (секунд) | | | | | | |
| ϵ_{zi} | По вертикали $\Delta Z_2(U)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали $\Delta X_2(U)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| -30 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| -20 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| -10 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 50 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 50 |
| 20 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| 30 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| Угловые параметры положения оси вращения опоры 1 | | | | | | |
| В вертикальной плоскости $Z_1(U)_\phi$ (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 3,1 | | 3,1 | | 3,1 | | |
| В горизонтальной плоскости $X_1(U)_\phi$ (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 1,2 | | 1,2 | | 1,2 | | |
| Биения вращения оси опоры 1 (секунд) | | | | | | |
| ϵ_{zi} | По вертикали $\Delta Z_1(U)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали $\Delta X_1(U)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |

| | |
|--------------|--------------|
| Имп. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Имп. № дубл. |
| Подп. и дата | |

Продолжение таблицы А.8

| Угловые параметры положения центра вращения опоры 2 | | | | | | |
|--|------------------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------------|
| В вертикальной плоскости $Z_2(U)$ (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 3,7 | | 3,7 | | 3,7 | | |
| В горизонтальной плоскости $X_2(U)$ (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 4,1 | | 4,1 | | 4,1 | | |
| Биения вращения центра опоры 2 (секунд) | | | | | | |
| ε_{zi} | По вертикали ΔZ_{2i} | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали ΔX_{2i} | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| -30 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| -20 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| -10 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 50 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 50 |
| 20 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| 30 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 | 50 |
| Угловые параметры положения центра вращения опоры 1 | | | | | | |
| В вертикальной плоскости Z_1 (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 2,4 | | 2,4 | | 2,4 | | |
| В горизонтальной плоскости X_1 (секунд) | | | | | | |
| Ход прямо | | Ход обратно | | Среднее значение | | |
| 3,8 | | 3,8 | | 3,8 | | |
| Биения вращения центра опоры 1 (секунд) | | | | | | |
| ε_{zi} | По вертикали ΔZ_{1i} | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали ΔX_{1i} | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| -30 | 58 | 58 | 58 | 59 | 59 | 59 |
| -20 | 59 | 59 | 59 | 0 | 0 | 0 |
| -10 | 59 | 59 | 59 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| 30 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| Расчет биений вращения оси сканирования | | | | | | |
| Координаты среднего положения центров вращения фланцев опор 1 и 2 относительно линии визирования теодолита Т2 (мм) | | | | | | |
| Опора 2 | | | | | | |
| По вертикали $Z_2(U)_{cp} = L_2 \times \tan Z_2(U) - l_2 \times \tan Z_2(U)_\phi$ | | | | | 3,41 | |
| По горизонтали $X_2(U)_{cp} = L_2 \times \tan X_2(U) - l_2 \times \tan X_2(U)_\phi$ | | | | | 2,74 | |

| | |
|--------------|--------------|
| Имп. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Имп. № дубл. |
| Подп. и дата | |

Окончание таблицы А.8

| Опора 1 | | |
|---|---|------|
| По вертикали $Z_1(U)_{cp} = L_1 \times \tan Z_1(U) - l_1 \times \tan Z_1(U)_\phi$ | 1,48 | |
| По горизонтали $X_1(U)_{cp} = L_1 \times \tan X_1(U) - l_1 \times \tan X_1(U)_\phi$ | 2,23 | |
| Координаты геометрических центров вращения фланцев опор 1 и 2 в положениях $I = -30^0 \dots +30^0$ относительно их средних положений (с учетом биений вращения, мм) | | |
| Опора 2 | | |
| По вертикали $\Delta Z_2(U)_i = Z_2(U)_{cp} + [L_2 \times \tan \Delta Z_2(U)_i - l_2 \times \tan \Delta Z_2(U)_{\phi i}]$ | 2,42 | |
| По горизонтали $\Delta X_2(U)_i = X_2(U)_{cp} + [L_2 \times \tan \Delta X_2(U)_i - l_2 \times \tan \Delta X_2(U)_{\phi i}]$ | 4,52 | |
| Опора 1 | | |
| По вертикали $\Delta Z_1(U)_i = Z_1(U)_{cp} + [L_1 \times \tan \Delta Z_1(U)_i - l_1 \times \tan \Delta Z_1(U)_{\phi i}]$ | 5,24 | |
| По горизонтали $\Delta X_1(U)_i = X_1(U)_{cp} + [L_1 \times \tan \Delta X_1(U)_i - l_1 \times \tan \Delta X_1(U)_{\phi i}]$ | 3,44 | |
| Биения вращения оси сканирования (средние 2-х ходов, угловых секунд) | | |
| По вертикали $\Delta Z_i(U) = \arctan \left[\frac{\Delta Z_1(U)_i - \Delta Z_2(U)_i}{1350} \right]$ | По горизонтали $\Delta X_i(U) = \arctan \left[\frac{\Delta X_1(U)_i - \Delta X_2(U)_i}{1350} \right]$ | |
| -30 | 0,3 | -0,3 |
| -20 | -0,4 | 0,0 |
| -10 | -0,2 | 0,4 |
| 0 | 0,0 | -0,2 |
| 10 | 0,1 | 0,2 |
| 20 | 0,1 | -0,3 |
| 30 | 0,0 | 0,1 |

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Таблица А.9 – Расчет отклонения от перпендикулярности угломестной и сканирующей осей. Расчет параметров регулировки взаимного положения угломестной оси и оси сканирования

| | |
|---|--------------|
| Угловой перекося угломестной оси относительно линии визирования теодолита Т1 в горизонтальной плоскости (угловых секунд) | |
| $\Delta\chi_h = \arctan \left[\frac{(L_{\text{прав}} \times \tan O_{\varphi_{\text{у прав}}} - l'_{\text{прав}} \times \tan O_{\gamma_{\text{у прав}}}) - (L_{\text{лев}} \times \tan O_{\varphi_{\text{у лев}}} + l'_{\text{лев}} \times \tan O_{\gamma_{\text{у лев}}})}{B} \right]$ | -2.3 |
| Отклонение от перпендикулярности сканирующей оси относительно угломестной оси | |
| Угол между осями h и U $\chi_{U-h} = (180^{\circ}00'00'' - \alpha_1 + \alpha_2) - [\Delta\psi_h - \Delta\psi(U)_0]; (\text{угл.секунд})$ | 90° 0' 1,7'' |
| Отклонение от перпендикулярности осей h и U $\Delta\chi_{U-h} = \psi_{U-h} - 90^{\circ}00'00''; (\text{угл.секунд}) (\leq 5'')$ | 1,7 |
| Величина компенсирующего смещения фланца ярма относительно опоры угломестной оси | |
| $\delta_{\text{рег}} = B \times \tan(\Delta\chi_{h-U}); (\text{мм})$ | 0.014 |

Таблица А.10 – Расчет параметров и регулировка положения базовой плоскости «Г» средника СБ15 относительно оси сканирования (п. 3 ТТ СМ-690.СБ15)

| | |
|--|--------------|
| Отклонение от горизонтальности положения оси сканирования (с учетом биений вращения в положении $i=0^{\circ}$) | |
| $\Delta\gamma(U) = \arctan \frac{1}{1350} \times \left\{ [L_1 \times \tan(Z_1(U) + \Delta Z_1(U)_{0^{\circ}}) - l_1 \times \tan Z_1((U)_{\varphi} + \Delta Z_2(U)_{\varphi=0^{\circ}})] - [L_2 \times \tan(Z_2(U) + \Delta Z_2(U)_{0^{\circ}}) - l_2 \times \tan(Z_2(U)_{\varphi} + \Delta Z_2(U)_{\varphi=0^{\circ}})] \right\} (\text{угловых секунд});$ | 3 |
| Отклонение от перпендикулярности сканирующей оси относительно угломестной оси | |
| Угол между осями h и U $\psi_{U-h} = (180^{\circ}00'00'' - \alpha_1 + \alpha_2) - [\Delta\psi_h - \Delta\psi(U)_0]; (\text{угл.секунд})$ | 89° 59' 57'' |

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инд. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Таблица А.11 – Выходная юстировка. Результаты контроля биений оси А с установленным ГММ ЦОМ

| ε_{1i} | Показания уровней 1 и 2, полученные при контроле | | | | | | |
|--|--|------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|------|
| | Прием 1 | | Прием 2 | | | | |
| | Ход прямо $270^0 - (-270^0)$ | | Ход обратно $-270^0 - (+270^0)$ | | | | |
| | Уровень 1 (секунд) | Уровень 2 (секунд) | Уровень 1 (секунд) | Уровень 2 (секунд) | | | |
| | x_i | y_i | x_i | y_i | | | |
| 270^0 | -4 | -1 | -4 | 0 | | | |
| 225^0 | -4 | 0 | -2 | 0 | | | |
| 180^0 | -6 | -6 | -5 | -8 | | | |
| 135^0 | -18 | 0 | -18 | -2 | | | |
| 90^0 | -16 | 12 | -16 | 8 | | | |
| 45^0 | -4 | 20 | -4 | 16 | | | |
| 0^0 | 4 | 8 | 4 | 6 | | | |
| -45^0 | -2 | 0 | -1 | -1 | | | |
| -90^0 | -4 | 1 | -4 | 0 | | | |
| -135^0 | -1 | 0 | -1 | 0 | | | |
| -180^0 | -6 | -6 | -6 | -7 | | | |
| -225^0 | -20 | 0 | -20 | 0 | | | |
| -270^0 | -16 | 10 | -16 | 10 | | | |
| Расчет параметров оси А (азимутальная ось) | | | | | | | |
| Отклонение азимутальной оси от вертикали | | | | | | | |
| | Прием 1 Ход прямо | Прием 2 Ход обратно | Средние 2-х ходов | $\Delta(A)$ | | | |
| X(A) | 4,63 | 3,96 | 4,29 | 8,34 | | | |
| Y(A) | 7,22 | 7,08 | 7,15 | | | | |
| Биения вращения азимутальной оси | | | | | | | |
| ε_{1i} | Ход прямо | | Ход обратно | | Средние 2-х ходов | | |
| | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta \Sigma$ | |
| 270^0 | -4,63 | -0,52 | -4,68 | 1,06 | -4,66 | 0,27 | 4,66 |
| 225^0 | 0,75 | 4,23 | 2,19 | 4,91 | 1,47 | 4,57 | 4,80 |
| 180^0 | 5,21 | -2,93 | 5,36 | -3,82 | 5,29 | -3,38 | 6,27 |
| 135^0 | -3,04 | -2,32 | -3,80 | -2,69 | -3,42 | -2,51 | 4,24 |
| 90^0 | -2,19 | 3,22 | -2,52 | 1,14 | -2,36 | 2,18 | 3,21 |
| 45^0 | 4,42 | 7,47 | 4,60 | 5,29 | 4,51 | 6,38 | 7,82 |
| 0^0 | 5,96 | -3,37 | 6,44 | -3,98 | 6,20 | -3,67 | 7,21 |

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

Окончание таблицы А.11

| Биения вращения азимутальной оси | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| ε_{li} | Ход прямо | | Ход обратно | | Средние 2-х ходов | | |
| | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta X(A)_i$ | $\Delta Y(A)_i$ | $\Delta \Sigma$ |
| -45 ⁰ | -3,79 | -5,98 | -2,41 | -6,11 | -3,10 | -6,04 | 6,79 |
| -90 ⁰ | -4,63 | 1,48 | -4,68 | 1,06 | -4,66 | 1,27 | 4,83 |
| -135 ⁰ | 3,75 | 4,23 | 3,19 | 4,91 | 3,47 | 4,57 | 5,74 |
| -180 ⁰ | 5,21 | -2,93 | 4,36 | -2,82 | 4,79 | -2,88 | 5,58 |
| -225 ⁰ | -4,84 | -3,80 | -5,53 | -2,08 | -5,19 | -2,94 | 5,96 |
| -270 ⁰ | -2,19 | 1,22 | -2,52 | 3,14 | -2,36 | 2,18 | 3,21 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | | | | | 77 |

Таблица А.12 – Выходная юстировка. Контроль положения нормалей и центров КЗ правой и левой опор угломестной оси с установленным ГММ ЦОМ

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------|--------|
| Место зенита теодолита Т1, угловых секунд (M_z) | | | | | | | | | | | 5,5 | |
| $L_{прав}$ (мм) | | | | 280 | | | $L_{лев}$ (мм) | | | | 1800 | |
| $l_{прав}$ (мм) | | | | 280 | | | $L_{лев}$ (мм) | | | | 3300 | |
| Угловые координаты нормалей КЗ правой опоры (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
| Ход прямо | | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| По вертикали $Z_{i_{h\phi}}$ | | | | По горизонтали $Y_{i_{h\phi}}$ | | | По вертикали $Z_{i_{h\phi}}$ | | | По горизонтали $Y_{i_{h\phi}}$ | | |
| ϵ_{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 |
| 15 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 |
| 30 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 |
| 45 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 |
| 60 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 |
| 75 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 |
| 90 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 |
| Угловые координаты центров перекрестий КЗ правой опоры (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
| Ход прямо | | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| По вертикали Z_{i_h} | | | | По горизонтали Y_{i_h} | | | По вертикали Z_{i_h} | | | По горизонтали Y_{i_h} | | |
| ϵ_{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 |
| 15 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 |
| 30 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 |
| 45 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 |
| 60 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 |
| 75 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 |
| 90 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 |
| Угловые координаты нормалей КЗ левой опоры (КЗ 2) | | | | | | | | | | | | |
| Ход прямо | | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| По вертикали $Z_{i_{h\phi}}$ | | | | По горизонтали $Y_{i_{h\phi}}$ | | | По вертикали $Z_{i_{h\phi}}$ | | | По горизонтали $Y_{i_{h\phi}}$ | | |
| ϵ_{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 |
| 15 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 |
| 30 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 |
| 45 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 |
| 60 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 |
| 75 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 |
| 90 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 |

| | |
|--------------|--------------|
| Имп. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Имп. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

Окончание таблицы А.12

| Угловые координаты центров перекрестий КЗ левой опоры (КЗ 1) | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|
| | Ход прямо | | | | | | Ход обратно | | | | | |
| | По вертикали Z_{i_h} | | | По горизонтали Y_{i_h} | | | По вертикали Z_{i_h} | | | По горизонтали Y_{i_h} | | |
| ϵ_{2i} | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд | градус | минут | секунд |
| 0 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 | 90 | 0 | 1 | 89 | 59 | 50 |
| 15 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 | 90 | 0 | 5 | 89 | 59 | 48 |
| 30 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 | 90 | 0 | 8 | 89 | 59 | 46 |
| 45 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 | 90 | 0 | 10 | 89 | 59 | 43 |
| 60 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 12 | 89 | 59 | 41 |
| 75 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 | 90 | 0 | 11 | 89 | 59 | 41 |
| 90 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 | 90 | 0 | 9 | 89 | 59 | 40 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | 15.03.05.2017.091 ПЗ | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | | | | 79 |
| | | | | | | | | | | | | | Изм. |

Таблица А.13 – Расчет параметров положения осей и центров вращения опор правой и левой. Расчет биений вращения осей и центров опор правой и левой. Расчет отклонений от перпендикулярности азимутальной и угломестной осей

| Угловые параметры поворота оси вращения правой опоры (средние 2-х приемов) | | | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|-------------|----------------------------|
| В вертикальной плоскости $Z_{\text{прав}}(h)_{\phi}$ (секунд) | | | | | 2,3 | |
| В горизонтальной плоскости $Y_{\text{прав}}(h)_{\phi}$ (секунд) | | | | | 3,1 | |
| Биения вращения оси правой опоры (секунд) | | | | | | |
| ε_{zi} | По вертикали $\Delta Z_{\text{прав}}(h)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали $\Delta X_{\text{прав}}(h)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| 0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 15 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| 30 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 45 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| 60 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| 75 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 90 | -4,2 | -4,2 | -4,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Угловые параметры положения центра вращения правой опоры (средние 2-х приемов) | | | | | | |
| В вертикальной плоскости $Z_{\text{прав}}(h)$ (секунд) | | | | | 4,4 | |
| В горизонтальной плоскости $Y_{\text{прав}}(h)$ (секунд) | | | | | 3,7 | |
| Биения вращения центра правой опоры (секунд) | | | | | | |
| ε_{zi} | По вертикали $\Delta Z_{\text{прав}}(h)_i$ | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали $\Delta X_{\text{прав}}(h)_i$ | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| 0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 15 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| 30 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| 45 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| 60 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| 75 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 90 | -4,2 | -4,2 | -4,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инд. № дубл. | Подп. и дата |

Окончание таблицы А.13

| Угловые параметры положения оси вращения левой опоры (средние 2-х приемов) | | | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|--|-------------|----------------------------|
| В вертикальной плоскости $Z_{лев}(h)_\phi$ (секунд) | | | | | 3,6 | |
| В горизонтальной плоскости $Y_{лев}(h)_\phi$ (секунд) | | | | | 2,7 | |
| Биения вращения оси левой опоры (секунд) | | | | | | |
| ε_{zi} | По вертикали $\Delta Z_{лев}(h)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали $\Delta X_{лев}(h)_{\phi i}$ | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| 0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 15 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| 30 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| 45 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| 60 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| 75 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 90 | -4,2 | -4,2 | -4,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Угловые параметры положения центра вращения левой опоры (средние 2-х приемов) | | | | | | |
| В вертикальной плоскости $Z_{лев}(h)$ (секунд) | | | | | 4,6 | |
| В горизонтальной плоскости $Y_{лев}(h)$ (секунд) | | | | | 3,8 | |
| Биения вращения центра левой опоры (секунд) | | | | | | |
| ε_{zi} | По вертикали $\Delta Z_{лев}(h)_i$ | | Средние 2-х ходов значения | По горизонтали $\Delta X_{лев}(h)_i$ | | Средние 2-х ходов значения |
| | Ход прямо | Ход обратно | | Ход прямо | Ход обратно | |
| 0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 15 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| 30 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| 45 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| 60 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| 75 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 90 | -4,2 | -4,2 | -4,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Линейные координаты Z и Y центра вращения правой опоры (мм) | | | | | | |
| По вертикали $Z_{прав} = L_{прав} \times \tan g(Z_{прав}(h))$ | | | 3,7 | По горизонтали $Y_{прав} = L_{прав} \times \tan g(Y_{прав}(h))$ | | 1,9 |
| Линейные координаты Z и Y центра вращения левой опоры (мм) | | | | | | |
| По вертикали $Z_{лев} = L_{лев} \times \tan g(Z_{лев}(h))$ | | | 2,5 | По горизонтали $Y_{лев} = L_{лев} \times \tan g(Y_{лев}(h))$ | | 0,8 |
| Отклонение угломестной оси от горизонтальности (секунд) | | | | | | |
| $\beta_h = \arctan \left[\frac{(L_{прав} \times \tan(Z_{прав}(h)) - l'_{прав} \times \tan(Z_{прав}(h)_\phi)) - (L_{лев} \times \tan(Z_{лев}(h)) + l'_{лев} \times \tan(Z_{лев}(h)_\phi))}{B} \right]$ | | | | | | 4 |
| Отклонение азимутальной и угломестной осей от перпендикулярности (секунд) | | | | | | |
| $\psi = X(A) - \beta_h$ | | | | | | 3,4 |
| Толщина регулировочной прокладки под опору, (мм) | | | | | | |
| $\Delta h = B \times \tan \psi \text{ (мм);}$ | | | | | | 0,026 |

| | |
|--------------|--|
| Подп. и дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |