

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОСИСТЕМ и ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

---

Кафедра инженерной геодезии  
и маркшейдерского дела

Дипломная работа соответствует установленным  
требованиям и направляется в ГЭК для защиты  
Заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ Е.К. Лагутина

## ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.01 – Прикладная геодезия

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ СТОРННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СМЕЩЕНИЯМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Выпускник \_\_\_\_\_ Э.М Аянова

Руководитель \_\_\_\_\_ М.А.Скрипникова

Консультанты \_\_\_\_\_ М.А Скрипникова

Консультанты \_\_\_\_\_ М.А Скрипникова

Нормоконтролёр \_\_\_\_\_ А.С Репин

Новосибирск – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОСИСТЕМ и ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

“УТВЕРЖДАЮ”  
Зав. кафедрой \_\_ИГ и МД\_\_  
\_\_\_\_\_ Е.К.Лагутина

“ \_\_18 ” \_\_05\_\_ 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

### НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме дипломной работы  
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту(ке) \_\_\_\_\_ Аяновой Эркелей Максимовне \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_ ПГ-52 \_\_\_\_\_

Направление (специальность) 21.05.01 – Прикладная геодезия

(код, наименование)

Степень или квалификация \_\_Специалист \_\_\_\_\_

Тема ВКР Анализ методов створных измерений при наблюдении за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений

Руководитель<sup>1</sup> Скрипникова Маргарита Александровна

Ученое звание, ученая степень руководителя к.т.н.

Место работы, должность руководителя СГУГиТ, кафедра ИГиМД, старший преподаватель

Срок сдачи полностью оформленного задания на кафедру \_\_ 18.05.16 \_\_\_\_

Задание на ВКР (перечень рассматриваемых вопросов):

Выполнить анализ методов определения нестворности. Выполнить предрасчет точности различных программ створных измерений. Выполнить анализ измерений на плотине ГЭС.

Вопросы экономики. Выполнить расчет сметной стоимости работ на объекте

Вопросы безопасности жизнедеятельности Рассмотреть вопросы безопасности жизнедеятельности при выполнении измерений на гидротехнических сооружениях

<sup>1</sup> Научный руководитель – для магистерских диссертаций

<sup>1</sup> может быть исключен из бланка при его отсутствии в структуре ВКР

Перечень графического материала с указанием основных чертежей и (или) иллюстративного материала (формат А1): \_Схемы линейно –угловой сети и створов

Исходные данные к ВКР (перечень основных материалов, собранных в период преддипломной практики или выданных руководителем)\_\_\_ Результаты полевых измерений по определению горизонтальных смещений гидротехнических сооружений и их камеральной обработки

Консультанты:

по экономике\*

Скрипникова М.А.

(ФИО, место работы и должность)

по вопросам безопасности жизнедеятельности\*

Скрипникова М.А.

(ФИО, место работы и должность)

### ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР

Этапы ВКР	Срок исполнения
Начало выполнения ВКР	18.05.2016г.
Подбор литературы и исходных материалов	18.05.2016г.
Выполнение исследовательских, экспериментальных, расчетных работ (нужное подчеркнуть)	23.05.2016г.
Выполнение графических (иллюстративных) работ	24.05.2016г.
Текстовая часть ВКР (указать ориентировочные названия разделов и конкретные сроки их написания)	
1. Методы определения нестворности	25.05.2016г.
2. Анализ точности определения нестворности оптическим методом	29.05.2016г.
3. Экономика, организация и безопасность жизнедеятельности выполнения работ на объекте	04.06.2016г.
Первый просмотр руководителем	05.06.2016г.
Второй просмотр руководителем	06.06.2016г.
Срок сдачи ВКР на кафедру	13.06.2016г.

“\_18\_” мая 2016 г.

Руководитель \_\_\_\_\_ Скрипникова М.А.

Консультанты \_\_\_\_\_ Скрипникова М.А.

\_\_\_\_\_ Скрипникова М.А.

Задание принял к исполнению и с графиком согласен \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Аянова Эркелей Максимовна. Анализ методов створных измерений при наблюдении за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений.

Место дипломирования: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, кафедра инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Руководитель – канд. тех. наук, старший преподаватель СГУГиТ

Скрипникова М. А.

2016 г., специальность 21.05.01 «Прикладная геодезия», квалификация специалист.

61 с., 8 табл., 13 рис., 11 источников, 9 приложений.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ, ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, СТВОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ, РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ

Целью дипломной работы является анализ методов наблюдений за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений.

Для достижения поставленной цели в дипломной работе был выполнен:

- анализ створных измерений по различным программам;
- анализ измерений нестворности с помощью автоматизированного тахеометра;
- анализ створных измерений на примере створов на плотине Новосибирской ГЭС.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСТВОРНОСТИ.....	9
1.1 Общие сведения.....	9
1.2 Механический метод.....	10
1.3 Оптический метод.....	13
1.4 Оптико-механический метод.....	17
1.5 Интерференционный.....	21
2 АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСТВОРНОСТИ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	23
2.1 Анализ точности определения нестворности по программе полного створа, последовательных створов и перекрывающихся створов.....	23
2.2 Анализ измерений, выполненных по программе общего створа с применением автоматизированного тахеометра.....	36
2.3 Анализ измерений, выполненных по программе общего створа на плотине ГЭС.....	40
2.3.1 Общие сведения о точности и методике измерений на плотине.....	40
2.3.2 Методика наблюдений за горизонтальными перемещениями.....	41
2.3.3 Определение горизонтальных смещений по программе общего створа на плотине.....	42
2.4 Анализ горизонтальных смещений сооружений.....	43
3 ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ.....	46
2.1 Организация работ на объекте.....	46
2.2 Определения стоимости работ.....	47
3.3 Безопасность жизнедеятельности.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ	

КОНТРОЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ДЛЯ СТВОРА А-Б.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ДЛЯ СТВОРА Б-В.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) КОНТРОЛЬНЫЙ ПУНКТ СТВОРА.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) ОПОРНЫЙ ПУНКТ СТВОРА.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) СХЕМА ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ СЕТИ РАЗРЯДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ГЭС.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное) ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ НЕСТВОРНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ДЛЯ СТВОРА А-Б.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное) ВЕДОМОСТЬ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ СТВОРОВ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПУНКТОВ СООРУЖЕНИЙ ГЭС.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ И (обязательное) ГРАФИКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ К (обязательное) СМЕТА НА ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ.....	61

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время строится и эксплуатируется большое количество прецизионных сооружений и технологического оборудования. Важное значение для определения геометрических параметров, в том числе определения отклонений от прямолинейности, имеют геодезические измерения.

Створные измерения предназначены для определения незначительных отклонений промежуточных точек от створа, проходящего через два опорных пункта. Эти измерения предназначены для определения деформации сооружений, а также для установки технологического оборудования в проектное положение.

Одним из основных видов сооружений, на которых выполняются створные измерения, являются плотины гидроэлектростанций. Внутри плотины в основном используется струнный метод, на верху плотины используется оптический метод определения отклонений от створа.

Выбор метода определения нестворности определяется видом объекта, требуемой точностью определений нестворностей, условиями измерений. На открытых площадках используются методы измерений, в которых створ задается коллимационной плоскостью оптически приборов или лазерным лучом. Точность оптического метода зависит от длины створа. Поэтому для повышения точности определения нестворностей точек относительно створа и повышения точности определения положения соседних точек в створе применяются различные программы створных измерений.

Применение той или иной программы обусловлено допустимой точностью определения нестворностей точек. Поэтому до начала измерений необходимо выполнить предварительный расчет точности проектируемой для использования программы наблюдений с учетом имеющегося приборов для измерения углов и расстояний или комплекта подвижной марки.

Лучевые методы следует использовать при непрерывном мониторинге инженерных сооружений, так как они легко автоматизируются.

В потернах плотин ГЭС используются в основном струнно-оптический метод определения нестворности. Особенностью этого метода то, что створ может иметь большую протяженность. Поэтому используются специальные приспособления для уменьшения провиса струны. Как правило, створные измерения автоматизируются с применением различных датчиков для взятия отсчетов относительно струны.

Применение других методов определения нестворностей на гидротехнических сооружениях имеет ограниченный характер из-за условий измерений.

В качестве цели работы определено, что необходимо выполнить анализ методов измерений нестворностей, с тем, чтобы рекомендовать наиболее оптимальные методы и программы створных измерений для гидротехнических сооружений. Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть основные методы и программы створных измерений.

После анализа методов на предмет их возможного применения на гидротехнических сооружениях необходимо выполнить предрасчет точности определения нестворности данными методами для различных длин створов и разного количества точек.

Кроме того, необходимо выполнить анализ производственных створных измерений для сравнения полученных ошибок измерения нестворностей с ошибками, полученными из предрасчета для аналогичного створа. Следует отметить, что современные геодезические приборы, в частности автоматизированные тахеометры, позволяют выполнять измерения в автоматическом режиме. Поэтому необходимо выполнить исследование по определению точности измерений нестворностей с помощью автоматизированного электронного тахеометра.

# 1 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСТВОРНОСТИ

## 1.1 Общие сведения

Непрямолинейностью или отклонениями от прямолинейности считают кратчайшие расстояния от точек реального профиля (поверхности строительных и технологических конструкций) до базовой или референтной прямой. Отклонение от прямолинейности можно рассматривать как линейное смещение в любой из двух взаимно перпендикулярных плоскостей относительно линии пересечения этих плоскостей [1].

Створом называется вертикальная плоскость, в которой располагается прямая линия, проходящая через два опорных пункта. Опорные пункты фиксируют основные или смещенные оси сооружений, монтажные оси или базовые направления.

На рисунке 1 приведена одна из схем определения отклонений от створа. Отклонение от створа – это длина перпендикуляра, опущенного из какой-либо точки на створную линию.

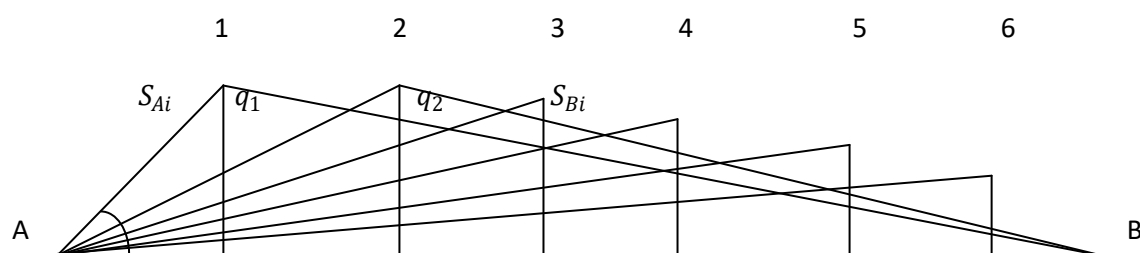


Рисунок 1 – Схема общего створа

Отклонения точек от створа могут быть получены следующими методами:

- механический – струна натянутая, между двумя опорными пунктами;
- оптико-механический – с помощью струны и оптических центрировочных приборов.

- оптический – прямая линия определяется визирной или оптической осью зрительной трубы, коллиматора или автоколлиматора;
- интерференционный — основаны на законах физической оптики; прямая линия определяется когерентным источником света и устройством, разделяющим пучок его световых лучей, и реализуется в пространстве осью симметрии интерференционной или дифракционной картины.

## 1.2 Механический метод определения отклонений от прямолинейности

Наибольшее распространение для определения отклонений от прямолинейности получил струнный метод. При контроле отклонений от прямолинейности, соосности и других видов позиционных отклонений в качестве базовых (опорных) осей и направлений применяют струны, проволоку и другие инструменты. Для того чтобы задать базовое направление при контроле отклонений от прямолинейности и соосности в процессе установки оборудования в проектное положение, в процессе монтажа или ремонта, а также для выноса в натуру строительномонтажных и технологических осей широко применяют струны.

Натянутую струну подвешивают в двух базовых точках, ее ось проектируют на осевые риски монтируемого оборудования с помощью отвесов, которые крепятся к струне в нужных местах. Для исключения погрешности, возникающие из-за неоднозначности крепления отвесов, применяют один отвес, перемещаемый вдоль струны. При предварительной выверке оборудования, с применением струны и контроле его положения по меткам, погрешности с оставляют не менее 2-5 мм [11].

В настоящее время разработаны и изготовлены измерительные устройства, датчики, специальные жезлы и автоматизированные средства съема информации, позволяющие использовать струнный метод для высокоточной установки техно-

логического оборудования в проектное положение и для контроля его положения в процессе эксплуатации.

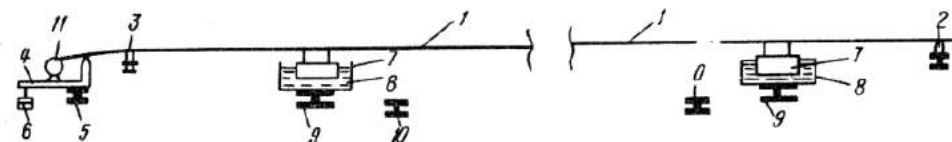
При высокоточном контроле прямолинейности и соосности технологического оборудования и строительного-монтажных конструкций в качестве струны применяют стальные или инварные проволоки, реже — нити из синтетического волокна (капрона или нейлона). В настоящее время нашли применение следующие методы створных измерений: струнный с нитяными отвесами, струнно-оптический, плавающей струны, автоматизированный с индуктивными и фотоэлектрическими преобразователями. На точность определения отклонений от прямолинейности любым из вышеуказанных струнных методов измерений влияют погрешности, которые делят на две группы:

- погрешности, источником которых является струна: отклонение ее вследствие давления боковых потоков воздуха, колебания диаметра, локальные изгибы, закручивание, собственные резонансные колебания;

- погрешности, связанные с применяемыми методами и средствами фиксации контролируемых точек относительно оси натянутой струны: погрешность установки струны над центрами исходных пунктов, погрешность вертикального проектирования оси струны на контролируемые точки, погрешность отсчетных устройств, погрешность за «фазу» освещенности струны.

На гидроузлах применяют преимущественно разработанную в Гидропроекте систему струнного створа - оборудование струнного створа.

На рисунке 2 приведена схема струнного створа.



1- струна; 2, 3- фиксаторы; 4 - натяжное устройство; 5 - стенный знак; 6 - груз, удерживающий устройство в равновесии; 7 - поплавок, 8 - ванна с жидкостью; 9, 10 - стенные знаки

Рисунок 2 – Схема струнного створ

Система оборудования струнного створа предназначена для установки в галереях плотин и крепится к стене.

Оборудование струнного створа разработано в двух вариантах – стационарном (закреплено постоянно) и съемном (после измерений в каждом цикле демонтируют струну, поплавки с ваннами и натяжное устройство, а створные знаки опрокидывают к стене).

На рисунке 3 приведена схема измерительного устройства струнного створа.

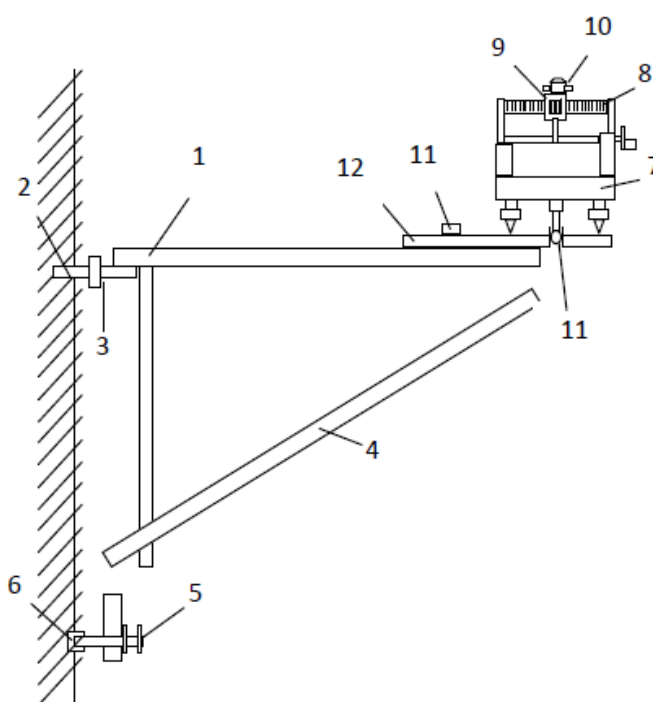


Рисунок 3 – Измерительное устройство струнного створа

Устройство струнного створа крепится на постоянном знаке или на переносном штативе. Штатив крепится к стене. Штанги 1 при помощи центрировочных шаров 3 устанавливаются во втулки закладных частей 2. Нижняя штанга 4 соединяется с винтом 5, упирающимся в закладную часть 6. С круглого уровня устанавливают горизонтально плиту 12. Также устройство струнного створа состоит из подставки 7, которая имеет линейку 8, каретку 9 с нониусом и лотаппаратом 10. Устройство центрируется во втулке 11. Втулки расположены, примерно на расстоянии 75 мм друг от друга [8].

Струнный способ имеет существенные преимущества перед другими способами определения смещений пунктов в условиях отсутствия турбулентности воздуха.

К достоинствам струнного способа является:

- высокая точность измерения нестворностей;
- простота измерений и обработки результатов измерений;
- возможность автоматизации измерений, что экономически выгодно при большой частоте замеров.

В настоящее время измерения стали автоматизированными, так измерения на особо ответственных высотных плотинах, где наблюдается контроль горизонтальных смещений, а так же иные исследования требует высокой точности. Для автоматизации используют датчики линейных и угловых перемещений: индуктивные, емкостные, фотоэлектрические, муаровые и др. Такие преобразователи позволяют оперативно и дистанционно осуществлять съем геодезической информации, автоматизировать процесс измерений и обработки результатов измерений.

### 1.3 Струнно-оптический метод определения отклонений от прямолинейности

Струнно-оптический метод высокоточных створных измерений применяется при контроле прямолинейности и соосности технологического оборудования. Измерения нестворностей и центрирование струны из стали выполняются с помощью оптических центрировочных приборов. Если створ имеет большую длину, то струна подвешивается на специальных рамках и крепится к стене выше рабочего горизонта. В этом случае струна имеет значительную стрелку провеса. Измерения нестворностей также выполняются в прямом и обратном ходах, что позволяет повысить надежность измерений и произвести оценку точности по разностям двойных измерений. Установка струнного оборудования требует повышенной точности, что потребовала разработки иных способов использования струнно-оптического метода [5].

Для высокоточных измерений разработан комплект аппаратуры, включающий натяжное устройство (рисунок 4,а), марку с вертикальной осевой системой, уровень (рисунок 4, б) и специальный переносный оптический микрокоп-центрир для измерения отклонения промежуточной точки относительно оси натянутой струны (рисунок 4, в).

На рисунке 4 приведен комплект аппаратуры струны.

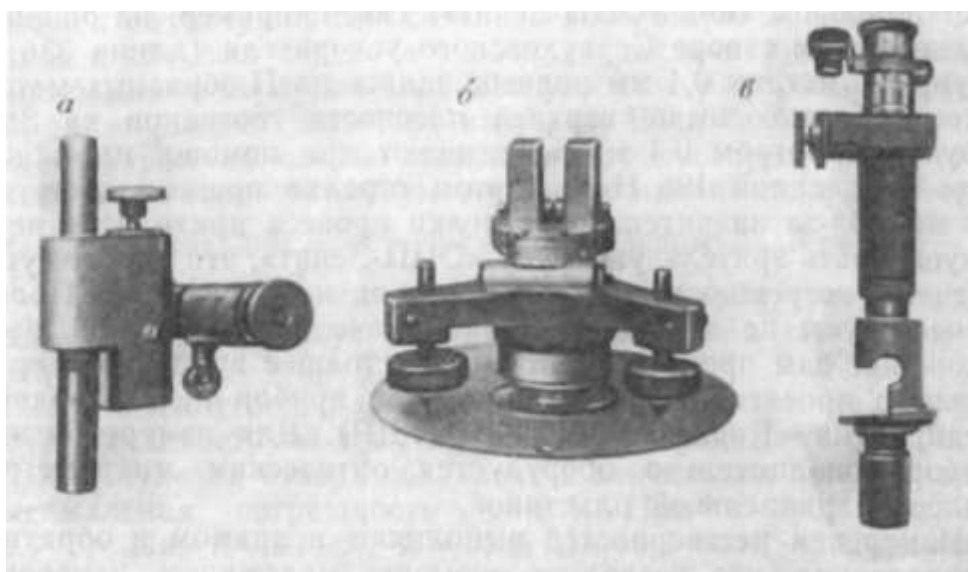


Рисунок 4 – Устройство струны: а) – натяжное устройство; б) – марка с вертикальной осевой системой, уровнем и горизонтальным вкладышем; в) – оптический микрокоп-центрир

Программа измерений струнно-оптическим методом заключается в следующем. Струну располагают в конических пазах на крайних знаках створа. На всех промежуточных точках последовательно или одновременно устанавливают переносные микрокоп-центриры. При помощи микрометров последних с высокой точностью определяют нестворности – расстояния от оси струны до перекрестия микрокоп-центрира при двух положениях последнего. Затем для устранения остаточной погрешности из-за неточного совпадения оси втулки знака с осью конического паза последний поворачивают на  $180^\circ$  и повторяют измерения.

Длина створа ограничивается, так как даже при предельно допустимой силе натяжения струна имеет значительную стрелку провеса. При измерениях очень важно правильное освещение струны, так как возникает ошибка за фазу, которая может иметь большую величину. При работе центрирами и микроскопами, очень важно чтобы источник света была строго над струной. Осветитель может быть вмонтирован в прибор оптического вертикального проектирования. Когда струну нельзя натянуть на весь створ необходимо использование программы частных створов по двум способам.

Первый способ. Струну натягивают на всю длину частного створа и определяют нестворности всех промежуточных точек внутри него. Затем струну переносят на половину частного створа и определяют нестворности промежуточных точек в следующем частном створе и т. д. Измерения выполняют в прямом и обратном направлениях [11].

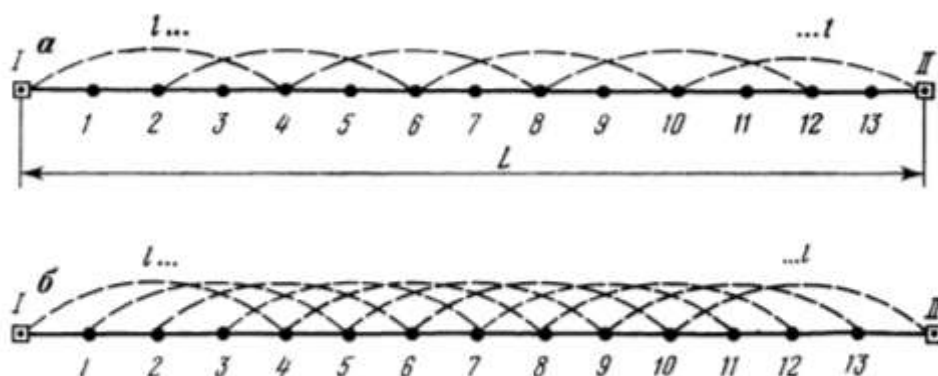


Рисунок 5 – Схема частных створов

Второй способ. На длину между двумя смежными точками перемещают натянутую струну. Тогда два частных створа перекрываются на большую величину, что увеличивается точность определения нестворностей от общего створа. Частные нестворности измеряют по несколько раз. Максимальные средние квадратические погрешности в обоих вариантах получаются для точек, расположенных в середине створа.

Второй способ определения нестворностей по программе частных створов является более точным и имеет равные веса средних результатов измерений. В

свою очередь, систематические ошибки в струнно-оптическом методе не зависят от того, сколько было сделано измерений. На измерения струнно-оптическим методом влияют следующие ошибки:

- ошибка измерений относительно струны
- ошибка из-за отклонений и колебаний струны.

Из-за ошибки измерений необходим выбор метода и программы створных измерений. Ошибки измерений струны, в основном зависят от точности визирования прибора. При благоприятных внешних условиях характеризуется средней квадратической ошибкой 50-60 мкм.

При определении нестворностей струнно-оптический метод является простым, так как не требует дорогих приборов. Недостатки этого метода:

- уменьшение точности, что вызвано перефокусированием прибора в процессе измерений;
- чувствительность струны к вибрациям;
- колебания струны вследствие движения воздушных потоков.

В строительстве на сложных конструкциях при большой длине створа для натяжения струны сложно обеспечить сквозное пространство. Анализ производственного опыта применения струнно-оптического метода створных измерений позволяет дать следующие рекомендации для достижения высокой точности:

- натянутую струну следует ограничивать от движения воздушных потоков, для получения более точных результатов до нескольких сотых долей миллиметра скорость движения воздушных потоков не должна быть более 0,10 м/с;
- материал струны диаметром 0,2 мм должен выдерживать силу натяжения не менее 40 Н;
- концы струны должны быть твердо закреплены, чтобы колебания грузов не передавались на струну;
- до начала и в процессе измерений, за 10-15 минут, следует прекратить движение людей и механизмов, расположенных вблизи от натянутой струны. Так же при выполнении створных измерений нужно полностью исключить вибрации.

## 1.2 Оптический метод определения нестворности

В оптическом методе створных измерений створ задается коллимационной плоскостью оптических приборов – теодолитов или алиниметров. В настоящее время разработаны способы и приборы, которые позволяют измерять нестворности при помощи отсчетных устройств зрительной трубы или подвижной марки. К этим высокоточным приборам относятся: алиниметры, микротелескопы, также специализированные устройства контроля прямолинейности, соосности, в которых применяются оптические микрометры с плоскопараллельной пластинкой.

Для определения высокоточных створных измерений крупных инженерных сооружений (на плотинах) и технологического оборудования применяются алиниметры.

С помощью микротелескопа возможно измерения отклонений от прямолинейности на расстояниях от торца трубы и до бесконечности.

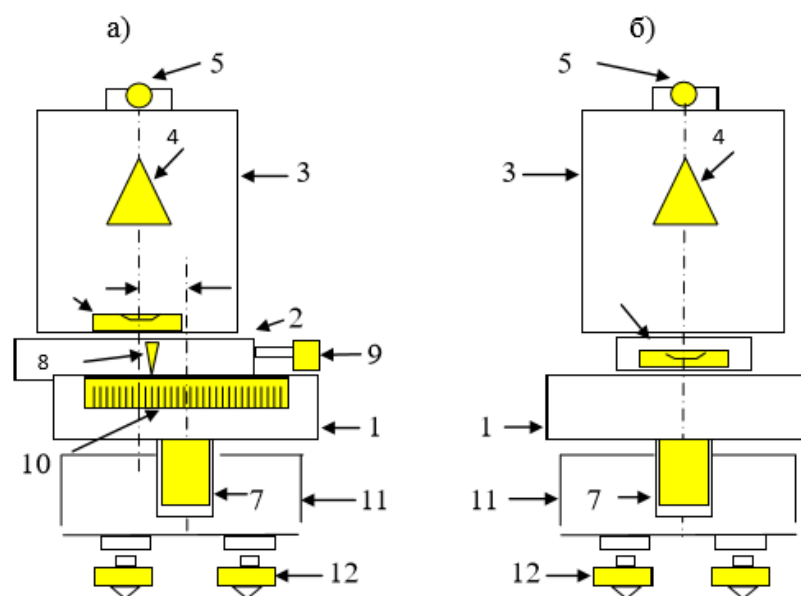
На точность измерений с такими створными приборами влияют основные погрешности, такие как: приборные, визирования, отсчета, центрирования и редукиции, из-за случайных поступательных и азимутальных смещений микротелескопа. Также к этим погрешностям можно отнести влияние рефракции лучей света. Среди оптических методов различают: визирный, коллимации, автоколлимации, дифракционные и др.

Для контроля горизонтальных смещений гидротехнических сооружений из-за значительных длин створов и влияния внешних возмущающих воздействий наибольшее применение нашел визирный метод измерений с применением визирных марок.

При установке оптических приборов на одном из опорных пунктов створа и визировании на другой опорный пункт их коллимационная плоскость совмещается со створной плоскостью. Нестворности могут измеряться с помощью подвижных марок различной конструкции и точности, или когда нестворность вычисляется как функция малого угла [2].

Способ подвижной марки, в свою очередь, подходит при небольших линиях визирования (до 50 м), когда связь наблюдателя с помощником, осуществляется голосом или условными знаками. В остальных случаях подойдет способ малых углов.

На рисунке 6 представлено устройство подвижной и неподвижной марки.



1- неподвижное основание; 2- подвижное основание; 3- экран; 4- визирная цель; 5- визирное приспособление; 6- уровень; 7- вкладыш; 8- нониус; 9- винт; 10- шкала; 11- трегер; 12-подъемные винты

Рисунок 6 – Устройство марок: а) подвижная; б) неподвижная

При определении отклонений от прямолинейности подвижная марка устанавливается на контрольном пункте, и ось симметрии ее визирной цели совмещается с осью симметрии биссектора сетки нитей зрительной трубы теодолита за счет перемещения экрана марки микрометрическим винтом. Величина нестворности  $L_i$  определяется с помощью шкалы относительно оси вкладыша.

Неподвижная марка фиксирует положение оси гнездового центра в плоскости перпендикулярной визирной линии. Она (рисунок 1, б) состоит из неподвиж-

ного основания 1, который скрепляется с вкладышем 7 и экраном 3. Визирные оси марки в рабочее положение приводится с помощью подъемных винтов 12 трегера 11 по уровню. Установка перпендикулярно линии визирования осуществляется разворотом экрана с визирной целью 4 по визирному приспособлению 5.

Малый угол - это угол, значение которого меньше наименьшего деления лимба теодолита. Поэтому малый угол может быть измерен окулярным или оптическим микрометром с более высокой точностью, чем обычные углы, так как не будет ошибок делений лимба. Сущность измерения малого угла микрометрами заключается в измерении угла между изображениями неподвижных марок, приблизительно стоящих в одном створе, в делениях барабана, с помощью подвижного биссектора окулярного микрометра.

Высокоточные приборы с окулярными микрометрами, применяемые в России и за рубежом, позволяют измерять малые углы со средней квадратической погрешностью 0,2 – 0,5 угловых секунд (из 9 – 12 приемов). При измерении малых углов приборами с оптическими микрометрами наведение трубы на цель производится наводящим винтом алидады. В этом случае число приемов следует увеличивать в полтора раза от числа, рассчитанного для окулярного микрометра.

Для того, чтобы ошибка центрирования могла быть в несколько раз меньше ошибки определения отклонений от прямолинейности, точки закрепляются гнездовыми центрами. Точность центрирования прибора может колебаться от 0,1 до 0,005мм, так как она зависит от точности установки втулки гнездового центра и вкладыша марки.

В зависимости от размеров и конструктивных решений сооружений, наличия приборов, необходимой точности контроля перемещений, створные измерения выполняются по определенным программам построения створных линий, под которыми понимают определенную последовательность действий. Для уменьшения влияния погрешностей разработаны некоторые программы створных измерений: общего, полуствора, частных створов, последовательных створов и др. Также эти программы можно разделить на простые - с некоторым числом измерений, и на сложные - программы с избыточным числом измерений.

В простых программах измерения выполняются относительно одного конкретного створ, в прямом и обратном ходах. В сложных программах отклонения от прямолинейности определяются независимо от частных створов и также в прямом и обратном ходах.

Программа общего створа предназначена для створа небольшой длины, так как с увеличением длины увеличивается ошибка визирования. Схема общего створа приведена на рисунке 1.

В схеме общего створа нестворность  $q$  каждой точки относительно общего створа определяется в прямом и обратном направлениях. Для повышения точности измерения нестворностей всех пунктов по программе общего створа выполняют с дополнительного створа, примерно параллельного общему.

При длине створа больше 200 м для повышения точности разбивают створ на два полуствора. В программе полустворов сначала определяют нестворность средней точки в прямом и обратном направлении при КЛ и КП теодолита. Затем измеряются нестворности контрольных точек относительно этих полустворов.

Недостатком данной программы является увеличение объема работ, что вызвано с дополнительными переносами инструмента, а также увеличение числа измерений с дополнительными вычислениями.

Достоинством этой программы является повышение точности взаимного положения точек (выше, чем в программе общего створа), что необходимо при контроле смещений блоков плотины.

Программа последовательных створов является более высокоточной и применяется при контроле смещений сооружений гидроузлов и для выверки технологического оборудования. При определении нестворностей по программе последовательных створов прибор последовательно переставляется на каждый контрольный пункт. Относительно каждого вновь созданного створа определяется нестворность каждого пункта.

Недостатком этой программы является увеличение времени при измерениях, за счет перестановки прибора.

По сравнению с программой измерений нестворностей по схеме полустворов и четвертьстворов, в программе последовательных створов ошибки определения нестворности более полно выравниваются (т.е. ошибка в середине створа не намного превосходит ошибки крайних точек). А так же по ранее выполненным исследованиям было установлено, чем длиннее створ, тем измерения лучше производить с коротким шагом.

### 1.5 Интерференционный метод определения отклонений от прямолинейности

При инженерно-геодезических работах для достижения в створных измерениях точности 0,1 мм- 0,01 мм можно использовать метод, основанный на явлении дифракции и интерференции света. Схема метода измерений представлена на рисунке 6. Комплект прибора состоит из источника излучения, марки с узкой щелью или небольшим отверстием, марки с двумя параллельными щелями и экрана.

При включении источника света пучок света проходит через узкую щель первой марки. Затем проходит через близко расположенные щели двухщелевой марки для создания двух когерентных источников света. Интерференция получается в поле, где перекрываются волны от этих источников.

Два пучка света проходя через двухщелевую марку, преломляются и заходят в область геометрической тени. При заранее выбранной ширине щелей и расстояний между ними эти два пучка будут образовывать область перекрытия. Поскольку оба пучка когерентные, то в области перекрытия, отображающейся на экране, наблюдается интерференционная картина [9].

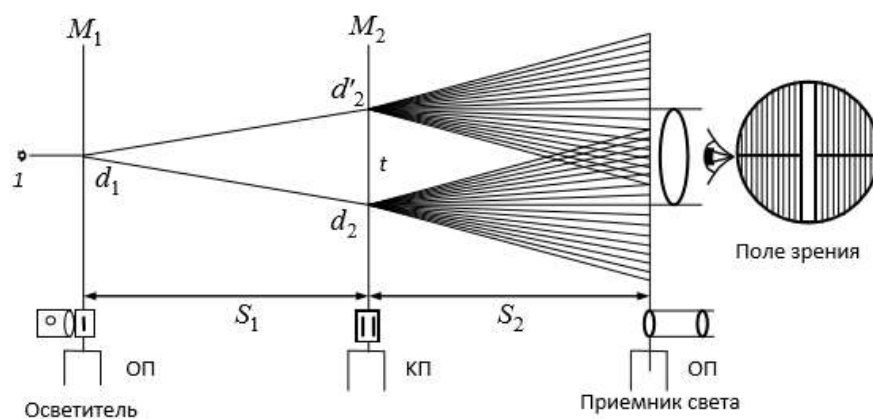


Рисунок 6 – Интерференционный метод измерений

Интерференционный метод измерений обеспечивает точность контроля отклонений от прямолинейности в пределах 20-30 мкм для длины створа до 100 м.

На явлении интерференции разработан интерферометр. Интерферометр это прибор, который основан на принципе интерференции света и применяемый для контроля прямолинейности и плоскостности прецизионного оборудования.

Измерения интерферометром можно автоматизировать, регистрируя интерференционную картину с помощью фотоэлектрических преобразователей. Опытным путем установлено, что чувствительность интерферометра при определении нестворности находится в пределах от 0,05" до 0,1" для расстояний до 100 м.

## 2 АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСТВОРНОСТИ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

### 2.1 Анализ точности определения нестворности по программе полного створа, последовательных створов и перекрывающихся створов

Отклонение контрольного пункта от створа определяется относительно опорных пунктов. Для получения смещения этого контрольного пункта требуется определять нестворности пункта периодически. Величина смещения контрольного пункта получается как разность нестворностей из разных циклов. Поэтому, измеряя последовательно отклонения  $\Delta_i$  (рис. 7) всех контрольных точек от общего створа в прямом и обратном направлении, получают:

$$\Delta_i = \delta_i, \quad (1)$$

где  $\Delta_i$  – величина определяемой нестворности;

$\delta_i$  – измеряемая величина нестворности (в других схемах построения створа, как правило,  $\Delta_i \neq \delta_i$ ).

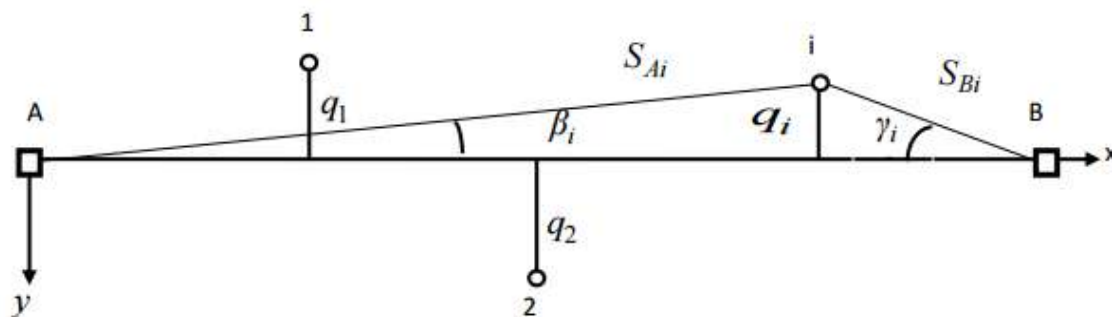


Рисунок 7 – Схема полного створа

$$\left. \begin{aligned} L_i &= S_{A,i}^{\text{пр}} \cdot \alpha_i / \rho \\ L_i &= S_{B,i}^{\text{об}} \cdot \alpha_i / \rho \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $S_{A,i}^{\text{пр}}$  и  $S_{B,i}^{\text{об}}$  – расстояние до контрольного пункта в прямом и обратном направлениях;

$\rho = 206265''$ .

Средневесовое значение при измерениях в прямом и обратном направлении вычисляется по формуле:

$$\delta_i^{\text{ср}} = \frac{\delta_i^{\text{пр}} \cdot P_i^{\text{пр}} + \delta_i^{\text{об}} \cdot P_i^{\text{об}}}{P_i^{\text{пр}} + P_i^{\text{об}}} \quad (3)$$

Расстояние от прибора до марки с номером  $i$  в прямом направлении равно  $D_{\text{пр}}$ , расстояние от прибора до марки с тем же номером  $i$  в обратном направлении будет равно  $D_{\text{об}}$ . В таком случае вес вычисленного значения нестворности в соответствии с равенством (5) может быть вычислен как

$$P_{i_{\text{ср}}} = \frac{\rho^2}{2m_{\text{с}}^2 \cdot D_{i_{\text{пр}}}^2} + \frac{\rho^2}{2m_{\text{с}}^2 \cdot D_{i_{\text{об}}}^2}, \quad (4)$$

где  $\rho = 206265$ ;

$m_{\text{с}} \sqrt{2}$  – суммарная ошибка визирования на створе в секундах.

Тогда, средняя квадратическая ошибка нестворности равна:

$$m_{\delta_i} = \frac{\sqrt{2} \cdot m_{\text{с}} \cdot D_{i_{\text{пр}}} \cdot D_{i_{\text{об}}}}{\rho \sqrt{D_{i_{\text{пр}}}^2 + D_{i_{\text{об}}}^2}}. \quad (5)$$

Для случая, когда створ поделен на  $(n + 1)$  равных частей  $\Delta D$  и  $\Delta D = \frac{L}{n+1}$ , а

$$D_{i_{np}} = \frac{L}{n+1} i, \quad (6)$$

то

$$D_{i_{обп}} = \frac{L}{n+1} (n+1-i), \quad (7)$$

где  $n$  – число определяемых точек;

$L$  – длина створа;

$i$  – номер текущей точки.

СКО нестворности вычисляют по формуле:

$$m_{\delta_i} = \frac{\sqrt{2} m_{\beta} L \cdot i (n+1-i)}{\rho (n+1) \sqrt{i^2 + (n+1-i)^2}}, \quad (8)$$

Для предрасчета точности определения нестворности по программе *общего створа* был взят створ длиной 200 м, 400 м, 600 м, число контрольных точек нестворности которых необходимо определить  $n = 7$ . Расстояние между смежными точками равно  $L/(n+1)$ . Средняя квадратическая ошибка измерения угла 1". Предрасчет точности определения нестворности по программе *общего створа* длиной 200 м для числа контрольных точек равный 7 приведен в таблице 1. Также аналогично был выполнен предрасчет точности определения нестворности для длины створа 400 м и 600 м.

Таблица 1

$\sqrt{2} * m_{\beta} * L =$ Ко- РЕНЬ(2)*1*200	$i$	$n+1$ $-i$	$p*(n+1)=p*$ 9	$n+1-i$	$(n+1-$ $i)^2$	$i^2+(n+1-$ $i)^2$	$\sqrt{i^2+(n+1$ $-i)^2}$	мб
282842,71	1	7	1650120	7	49	50	7,07	0,17
282842,71	2	6	1650120	6	36	40	6,32	0,33

## Продолжение таблицы 1

$\sqrt{2} \cdot m_b \cdot L =$ Ко- РЕНЬ(2)*1*200	i	n+1 -i	$p \cdot (n+1) = p \cdot$ 9	n+1-i	$(n+1-i)^2$	$i^2 + (n+1-i)^2$	$\sqrt{i^2 + (n+1-i)^2}$	мб
282842,71	3	5	1650120	5	25	34	5,83	0,44
мб4 282842,71	4	4	1650120	4	16	32	5,66	0,48
282842,71	5	3	1650120	3	9	34	5,83	0,44
282842,71	6	2	1650120	2	4	40	6,32	0,33
282842,71	7	1	1650120	1	1	50	7,07	0,17
282842,71	8	0	1650120	0	0	64	8,00	0,00

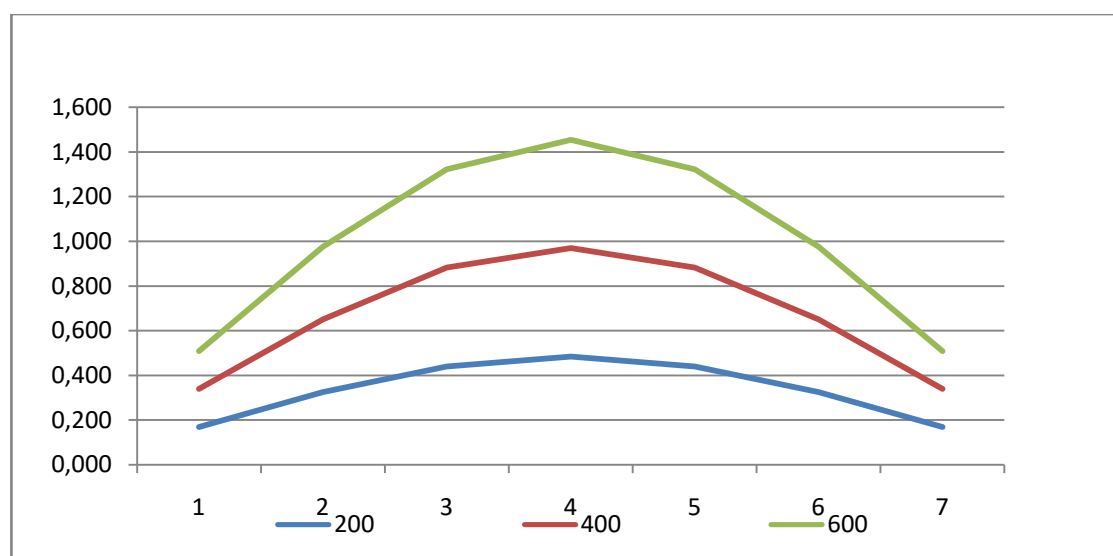


Рисунок 8 – График ошибок нестворностей, определенных по программе общего створа

Нестворность точки 1 в схеме *последовательных створов* (рисунок 9) измеряется относительно створа АВ. Затем прибор переносят в эту в точку 1 вместо ранее стоявшей подвижной марки, которую переносят в точку 2. Нестворность точки 2 определяется относительно створа 1- В и так далее до конечной точки инструмент переносят в точку 2, и относительно последующего створа 2 - В измеряется отклонение точки 3 и т. д. Выполнив измерения нестворностей в прямом ходе, измерения выполняют в обратном направлении.

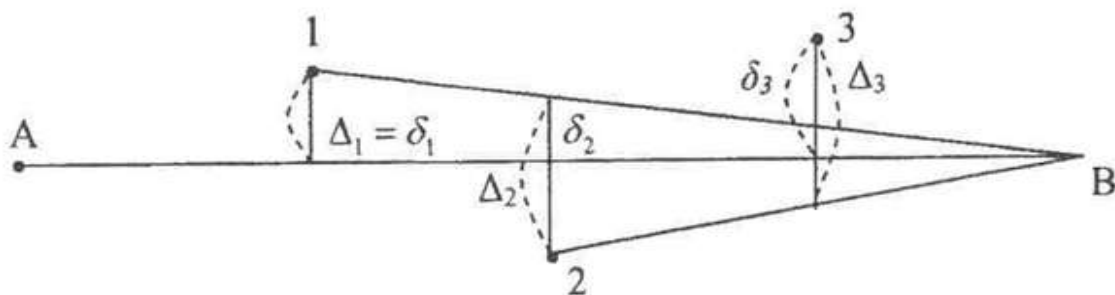


Рисунок 9 – Схема последовательного створа

Нестворности получают в результате вычислений нестворностей от общего створа по следующим формулам:

– для прямого хода

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_1; \\ \delta_2 &= \Delta_1 \frac{D_{2-\epsilon}}{D_{1-\epsilon}} + \Delta_2, \\ \delta_3 &= \Delta_1 \frac{D_{3-\epsilon}}{D_{1-\epsilon}} + \Delta_2 \frac{D_{3-\epsilon}}{D_{2-\epsilon}} + \Delta_3, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$\delta_n = \Delta_1 \frac{D_{n-\epsilon}}{D_{1-\epsilon}} + \Delta_2 \frac{D_{n-\epsilon}}{D_{2-\epsilon}} + \dots + \Delta_{n-1} \frac{D_{n-\epsilon}}{D_{(n-1)-\epsilon}} + \Delta_n$$

– для обратного хода

$$\left. \begin{aligned} \delta'_n &= \Delta'_n; \\ \delta'_{n-1} &= \Delta'_n \frac{D_{(n-1)-\epsilon}}{D_{n-\epsilon}} + \Delta'_{n-1}; \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\delta'_1 = \Delta'_n \frac{D_{n-\epsilon}}{D_{n-1}} + \Delta'_{n+1} \frac{D_{1-\epsilon}}{D_{(n-1)-\epsilon}} + \dots + \Delta'_1.$$

где  $\Delta_i$  – измеренное уклонение от последовательного створа;

$D_{i-B}, D_{i-A}$  – длины последовательных створов соответственно в прямом и обратном направлениях;

$\delta_i$  – уклонение определяемых пунктов относительно главного створа АВ (искомая нестворность);

$n$  – число определяемых точек.

Если створ разделен на равные промежутки (их всего в створе  $n + 1$ ), формулы (10) и (11) существенно упрощаются и их можно представить в виде

$$\delta_i = (n + 1 - i) \sum_{k=1}^i \frac{\Delta k}{n - k + 1}. \quad (12)$$

Средняя квадратическая ошибка определения нестворности в одном направлении характеризуется равенством

$$m_{\delta_i} = m_{\Delta} \cdot (n + 1 - i) \sqrt{\sum_{k=1}^i \frac{1}{(n + 1 - k)^2}}, \quad (13)$$

где

$$m_{\Delta} = \frac{\sqrt{2} m_{\rho} L}{\rho(n + 1)} \quad (14)$$

Для предрасчета точности определения нестворности по программе последовательных створов был взят створ длиной 200 м, 400 м, 600 м, так же как для программы общего створа, число контрольных точек нестворности которых необходимо определить  $n = 7$ . Средняя квадратическая ошибка измерения угла 1". Предрасчет точности определения нестворности по программе последовательного створа длиной 200 м и числа контрольных точек равной 7 приведен в таблице 2. Также аналогично был выполнен предрасчет точности определения нестворности для длины 400 м и 600 м.

Таблица 2

к	$(n+1-K)^2$	$1/(n+1-K)^2$	$\Sigma$	$\sqrt{\Sigma}$	$(n+1-i)\sqrt{\Sigma}$	прямо	обратно	мб
1	49	0,02	0,02	0,14	0,99	0,17	0,21	0,13
2	36	0,03	0,05	0,22	1,31	0,23	0,25	0,17
3	25	0,04	0,09	0,30	1,49	0,25	0,26	0,18
4	16	0,06	0,15	0,39	1,56	0,27	0,27	0,19
5	9	0,11	0,26	0,51	1,54	0,26	0,26	0,18
6	4	0,25	0,51	0,72	1,43	0,25	0,23	0,17
7	1	1,00	1,51	1,23	1,23	0,21	0,17	0,13

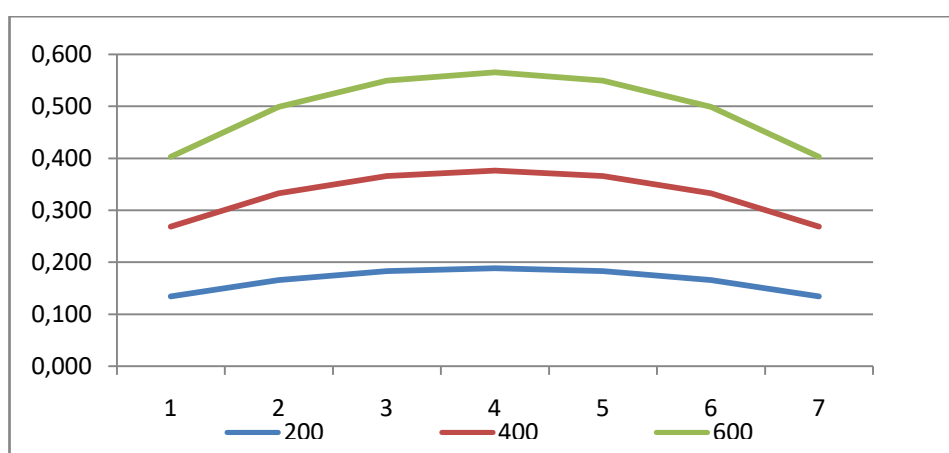


Рисунок 10 – График ошибок нестворностей, определенных по программе последовательного створа

В схеме *перекрывающихся створов* длина створа делится на несколько створов, которые перекрывают друг друга.

На рисунке 3 представлен створ А-В, разделенный на три перекрывающихся створа. Отклонение от створа 1 измеряется от частного створа А-2. Далее прибор переносится в точку 1 и относительно частного створа 1-3 определяется отклонение от створа точки 2. Отклонение точки 3 измеряется относительно створа 2-В. Измерения выполняются в прямом и обратном направлении. На рисунке 3 представлена схема перекрывающихся створов.

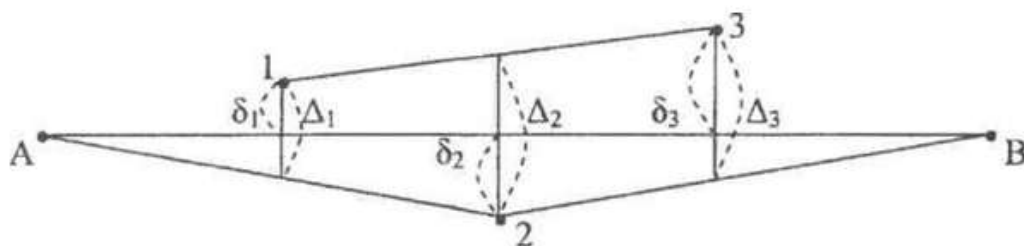


Рисунок 11 – Схема перекрывающихся створов

$$\begin{aligned}
 \delta_1 - a_1 \delta_2 &= \Delta_1; \\
 \delta_2 - (1 - a_2) \delta_1 - a_2 \delta_3 &= \Delta_2; \\
 \delta_i - (1 - a_i) \delta_{i-1} - a_i \delta_{i+1} &= \Delta_i; \\
 \delta_n - a_n \delta_{n-1} &= \Delta_n,
 \end{aligned} \tag{15}$$

где

$$a_1 = \frac{D_1}{D_1 + D_2}; \quad a_i = \frac{D_i}{D_i + D_{i+1}}; \quad a_n = \frac{D_n}{D_n + D_{n+1}}; \tag{16}$$

$D_i + D_{i+1} = \lambda$  – длина частного створа;

$D_i$  – расстояние от теодолита до определяемой точки.

В том случае, когда створ разделен на  $n+1$  равных частей, можно получить общую формулу вычисления искомым величин относительно главного створа

$$\delta_i = \frac{2}{n+1} \left[ \sum_{k=1}^{i-1} (n+1-i)k \Delta_k + \sum_{k=1}^n (n+1-k)i \Delta_k \right] \tag{17}$$

Расчёт точности перекрывающихся створов выполняется по формуле:

$$m_{\delta_i} = m_{\Delta} \cdot \sqrt{\frac{i}{3 \cdot (n+1)} \cdot \{(i-1) \cdot [2i^2 - 2i \cdot (2n+1) - (n+1)] + in(2n+1)\}} \tag{18}$$

где  $m_{\delta_i}$  – средняя квадратическая ошибка измерений;

$n$  – число пунктов.

Для предрасчета точности определения нестворности по программе перекрывающихся створов был взят створ длиной 200 м, 400 м, 600 м, так же как для программы общего створа, число контрольных точек нестворности которых необходимо определить  $n = 7$ . Средняя квадратическая ошибка измерения угла 1". Предрасчет точности определения нестворности по программе перекрывающихся створов длиной 200 м и числа контрольных точек равной 7 приведен в таблице 3. Также аналогично был выполнен предрасчет точности определения нестворности для длины 400 м и 600 м и числа контрольных точек равной 7.

Таблица 3

$i$	$i/3(n+1)$	$(i-1)*(2i^2-2i(2n+1)-(n+1))$	$in(2n+1)$	$A$	$\sqrt{A}$	мб
1	0,042	0	105	4,38	2,09	0,36
2	0,083	-60	210	12,50	3,54	0,61
3	0,125	-160	315	19,38	4,40	0,75
4	0,167	-288	420	22,00	4,69	0,80
5	0,208	-432	525	19,38	4,40	0,75
6	0,250	-580	630	12,50	3,54	0,61
7	0,292	-720	735	4,38	2,09	0,36
8	0,333	-840	840	0,00	0,00	0,00

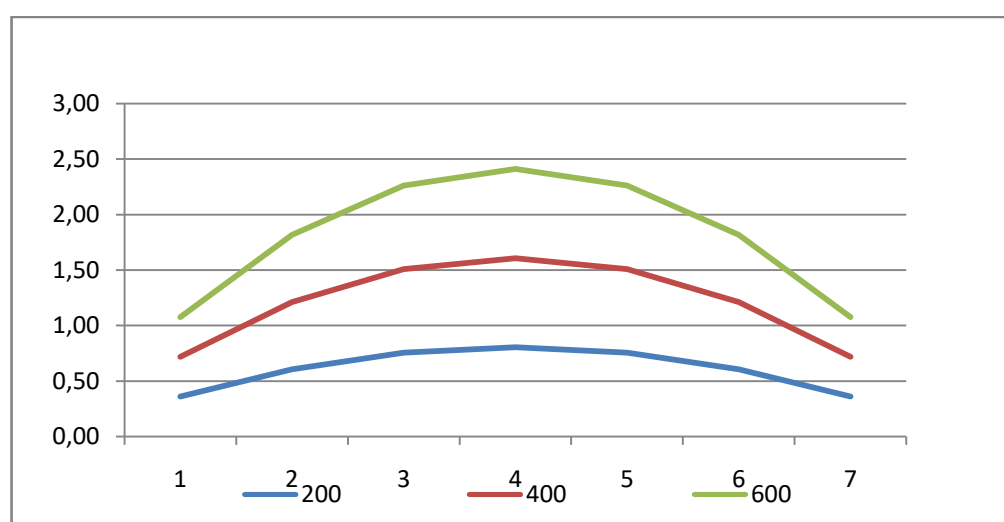


Рисунок 12 – График нестворностей, определенных по программе перекрывающихся створов

Общие результаты СКО нестворностей для разных длин створов из 7 пунктов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Полный створ			Последовательный створ			Перекрывающийся створ		
200000	400000	600000	200000	400000	600000	200000	400000	600000
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
0,17	0,34	0,51	0,13	0,27	0,40	0,36	0,72	1,08
0,33	0,65	0,98	0,17	0,33	0,50	0,61	1,21	1,82
0,44	0,88	1,32	0,18	0,37	0,55	0,75	1,51	2,26
<b>0,48</b>	0,97	1,45	0,19	0,38	0,57	0,80	1,61	2,41
0,44	0,88	1,32	0,18	0,37	0,55	0,75	1,51	2,26
0,33	0,65	0,98	0,17	0,33	0,50	0,61	1,21	1,82
0,17	0,34	0,51	0,13	0,27	0,40	0,36	0,72	1,08

По полученным результатам предрасчета видно, что наименьшая ошибка определения нестворности определенной по программе общего створа длиной 200 м из 7 пунктов 0,17 мм на контрольном пункте в начале створа. Очень низкая точность положения соседних контрольных знаков, особенно в центре створа, которая составила 0,48 мм; наименьшая ошибка при длине 400 м из 7 пунктов – 0,33 мм, наибольшая ошибка – 0,97 мм; наименьшая ошибка при длине створа 600 м из 7 пунктов 0,51 мм, наибольшая ошибка – 1,45 мм.

По полученным результатам предрасчета видно, что наименьшая ошибка определения нестворности определенной по программе последовательного створа длиной 200 м из 7 пунктов 0,13 мм на контрольном пункте в начале створа. Низкая точность положения соседних контрольных знаков в центре створа, которая составила 0,19 мм; наименьшая ошибка при длине 400 м из 7 пунктов – 0,27 мм, наибольшая ошибка – 0,38 мм; наименьшая ошибка при длине створа 600 м из 7 пунктов 0,40 мм, наибольшая ошибка – 0,57 мм.

По полученным результатам предрасчета видно, что наименьшая ошибка определения нестворности определенной по программе перекрывающихся створов длиной 200 м из 7 пунктов 0,36 мм на контрольном пункте в начале створа. Очень низкая точность положения соседних контрольных знаков, особенно в центре створа, которая составила 0,80 мм; наименьшая ошибка при длине 400 м из 7 пунктов – 0,72 мм, наибольшая ошибка – 1,61 мм; наименьшая ошибка при длине створа 600 м из 7 пунктов 1,08, наибольшая ошибка – 2,41 мм.

Из полученных расчетов ошибок определения нестворностей по программе общего, последовательного и перекрывающегося створов и из графиков было выявлено, что при увеличении длины створа и неизменном числе пунктов в створе ошибки определения нестворностей по всем программам увеличиваются, однако по абсолютной величине наименьшая ошибка получена для нестворности, определенной по программе последовательных створов.

Для предрасчета точности определения нестворности по программе общего створа *по второму варианту* длина створа не менялась (200 м), а число контрольных точек увеличивалось. Расстояние между смежными точками равно  $L/(n+1)$ . Средняя квадратическая ошибка измерения угла 1". Предрасчет точности определения нестворности по программе общего створа длиной 200 м и числа контрольных точек равной 7 приведен в таблице 1. Также аналогично был выполнен предрасчет точности определения нестворности из 14 и 21 контрольных пунктов для программ последовательных и перекрывающихся створов. Общие результаты СКО нестворностей для длины створа 200 м с разным количеством пунктов приведен в таблице 5.

По результатам расчета было выявлено следующее.

Наименьшая ошибка определения нестворности *по программе общего створа* длиной 200 м из 7 пунктов составила 0,17 мм на контрольном пункте в начале створа, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,48 мм; наименьшая ошибка определения нестворности для створа из 14 пунктов составила 0,09 мм, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,48 мм;

наименьшая ошибка определения нестворности для створа из 21 пункта составила 0,06 мм, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,48 мм.

Таблица 5

L=200000								
Полный створ			Последовательный створ			Перекрывающийся створ		
7	14	21	7	14	21	7	14	21
0,17	0,09	0,06	0,13	0,07	0,05	0,36	0,28	0,23
0,33	0,18	0,12	0,17	0,09	0,07	0,61	0,51	0,44
0,44	0,27	0,18	0,18	0,11	0,08	0,75	0,70	0,62
0,48	0,34	0,24	0,19	0,12	0,08	0,80	0,85	0,78
0,44	0,41	0,30	0,18	0,12	0,09	0,75	0,97	0,93
0,33	0,46	0,35	0,17	0,13	0,10	0,61	1,05	1,04
0,17	0,48	0,40	0,13	0,13	0,10	0,36	1,08	1,14
	0,48	0,43		0,13	0,10		1,08	1,22
	0,46	0,46		0,13	0,10		1,05	1,27
	0,41	0,48		0,12	0,11		0,97	1,31
	0,34	0,48		0,12	0,11		0,85	1,32
	0,27	0,48		0,11	0,11		0,70	1,31
	0,18	0,46		0,09	0,10		0,51	1,27
	0,09	0,43		0,07	0,10		0,28	1,22
		0,40			0,10			1,14
		0,35			0,10			1,04
		0,30			0,09			0,93
		0,24			0,08			0,78
		0,18			0,08			0,62
		0,12			0,07			0,44
		0,06			0,05			0,23

Таким образом, для полного створа при независимом определении нестворности для каждого пункта ошибка определения нестворности в середине створа остается постоянной и для створа длиной в 200 м при разном количестве пунктов равна 0,48 мм.

Наименьшая ошибка определения нестворности *по программе последовательного створа* длиной 200 м из 7 пунктов составила 0,13 мм на контрольном пункте в начале створа, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,19 мм; наименьшая ошибка определения нестворности для створа из 14 пунктов составила 0,07 мм, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,13 мм; наименьшая ошибка определения нестворности для створа из 21 пункта составила 0,05 мм, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,11 мм.

В программе *последовательных створов* ошибка определения нестворности среднего пункта при увеличении числа пунктов в створе и соответственно при уменьшении расстояния между ними уменьшается. При увеличении числа пунктов в 2 раза ошибка определения нестворности уменьшается в 1,5 раза, а при увеличении числа пунктов в 3 раза ошибка определения нестворности уменьшается в 1,7 раза.

Наименьшая ошибка определения нестворности *по программе перекрывающихся створов* длиной 200 м из 7 пунктов составила 0,36 мм на контрольном пункте в начале створа, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 0,80 мм; наименьшая ошибка определения нестворности для створа из 14 пунктов составила 0,28 мм, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 1,08 мм; наименьшая ошибка определения нестворности для створа из 21 пункта составила 0,23 мм, а наибольшая ошибка определения нестворности составила 1,32 мм.

Таким образом, при увеличении количества пунктов для перекрывающихся створов, ошибка определения нестворностей в середине створа увеличивается.

Следует рекомендовать определять нестворности на створе Новосибирской ГЭС по программе последовательных створов, что повысило бы точность измерений в 2,5 раза.

## 2.2 Анализ измерений, выполненных по программе общего створа с применением автоматизированного тахеометра

Измерение малых углов на опорные и контрольные пункты выполнялось по программе общего створа шестью приемами в прямом и обратном ходе тахеометром TCRP 1201+ в автоматизированном режиме. При измерениях в прямом ходе тахеометр необходимо установить в точку А, а неподвижную марку (отражатель) в точку В. Второй отражатель следует устанавливать на контрольные точки створа последовательно.

При измерениях в обратном ходе прибор и неподвижная марка (отражатель) необходимо поменять местами, т.е прибор уже установить в точку В, а неподвижную марку (отражатель) в точку А.

На рисунке 1 представлена схема определения нестворностей по программе общего створа.

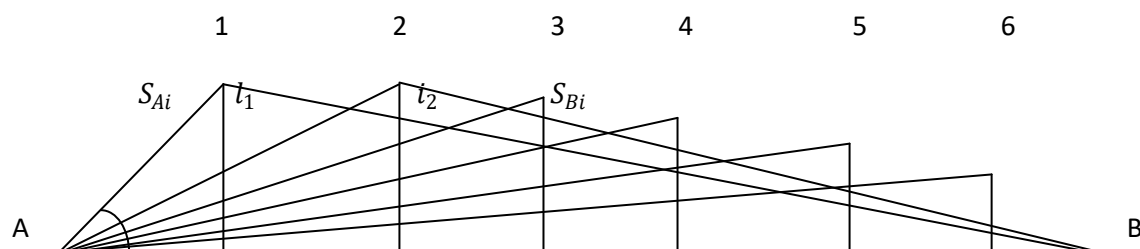


Рисунок 13 – Схема общего створа

Для измерения углов в автоматизированном режиме необходимо в меню тахеометра в модуле «Программы» выбрать программу «Приемы». Так как измерения по данным точкам створа выполняются впервые, то необходимо выбрать команду «Измерения новых точек». В этой команде необходимо выполнить ручную визирование при положении I (КЛ) на отражатель, установленный на конечной опорной точке створа и отражатель на контрольной точке створа. После визирования на оба отражателя дается команда «Завершить» набор точек. Затем прибор автоматически наводит на эти отражатели при положении II (КП). Далее про-

грамма предлагает сохранить наблюдаемые точки в новом «Наборе точек». После сохранения программа автоматически переходит в режим измерения приемов. До начала измерений необходимо ввести число приемов измерений. Далее дается команда начать измерения и тахеометр автоматически выполняет заданное количество приемов. После выполнения измерений наблюдатель просматривает СКП измерений горизонтальных и вертикальных углов и расстояний. При допустимых значениях СКП, в нашем случае допустимое значение для углов  $0,5''$ , углы и расстояния берутся в дальнейшую обработку для вычисления отклонений от створа.

Обработка измерений выполнялась в следующей последовательности.

Вычисление нестворностей пунктов в прямом и обратном ходе и оценка точности результатов измерений приведена в таблице 1 и 2 соответственно.

Величины нестворностей  $l_i$  вычисляются по формуле (19)

$$\left. \begin{aligned} l_i^{\text{пр}} &= S_{A,i}^{\text{пр}} \cdot \alpha_i / \rho \\ l_i^{\text{об}} &= S_{B,i}^{\text{об}} \cdot \alpha_i / \rho \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Определение величин средневесовых нестворностей выполняют по формуле:

$$q_i = \frac{l_i^{\text{пр}} P_i^{\text{пр}} + l_i^{\text{об}} P_i^{\text{об}}}{P_i^{\text{пр}} + P_i^{\text{об}}}, \quad (20)$$

где  $l_i^{\text{пр}}$  и  $l_i^{\text{об}}$  – нестворности пункта, определенные соответственно в прямом и обратном ходе;

$P_i^{\text{пр}}$  и  $P_i^{\text{об}}$  – веса нестворностей в прямом и обратном ходе соответственно.

Веса вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} P_i^{\text{пр}} &= 1/S_i^{\text{пр}}; \\ P_i^{\text{об}} &= 1/S_i^{\text{об}}. \end{aligned} \quad (21)$$

где  $S_i^{\text{пр}}$  и  $S_i^{\text{об}}$  - расстояния до контрольного пункта от начального А и конечного В пунктов съёмочного створа соответственно.

Оценка точности средневесового значения нестворности выполняется по формуле:

$$M_{qi} = \sqrt{\frac{M_{l_i}^{\text{пр}} \cdot M_{l_i}^{\text{об}}}{M_{l_i}^{\text{пр}} + M_{l_i}^{\text{об}}}}, \quad (22)$$

где  $M_{l_i}^{\text{пр}}$  и  $M_{l_i}^{\text{об}}$  - средние квадратические ошибки, вычисляемые по формулам:

$$M_{l_i}^{\text{пр}} = S_{A,i}^{\text{пр}} \cdot \alpha_i / \rho ,$$

$$M_{l_i}^{\text{об}} = S_{B,i}^{\text{об}} \cdot \alpha_i / \rho . \quad (23)$$

Однако, более достоверное значение ошибок определения отклонений контрольных пунктов от створа можно получить по разностям отклонений, полученным из прямого и обратного ходов.

$$m_l = \sqrt{\frac{[\Delta l^2]}{2n}}, \quad (24)$$

где  $\Delta l_i = l_i^{\text{пр}} - l_i^{\text{об}}$ ;

$n$  - число разностей.

Вычисление нестворностей из прямого хода приведено в таблице 6.

Таблица 6

№ пункт- тов	$S_{A,i}$ мм	$\alpha_i$ сек.	$l_i^{\text{пр}} = S_{A,i}^{\text{пр}} \cdot \alpha_i / \rho$ мм
А			
1	3880	6'05''	6,88
2	5887	1'22''	2,33
3	7878	1'23''	3,16
4	9889	1'06''	3,16

## Продолжение таблицы 6

№ пунк- тов	$S_{A,i}$ мм	$\alpha_i$ сек.	$l_i^{np} = S_{A,i}^{np} \cdot \alpha_i / \rho$ мм
5	11880	45''	2,59
6	13886	26''	1,75
B	17769		

Вычисление нестворностей из обратного хода приведено в таблице 7.

Таблица 7

№ пунк- тов	$S_{B,i}^{об}$ мм	$\alpha_i$ сек.	$l_i^{np} = S_{B,i}^{об} \cdot \alpha_i / \rho$ мм
B			
6	3880	2'03''	2,32
5	5887	1'47''	3,06
4	7878	1'37''	3,71
3	9889	1'18''	3,74
2	11880	51''	2,94
1	13886	1'50''	7,41
A	17769		

Вычисление средневесовых нестворностей и оценка точности результатов измерений приведены в таблице 8.

Таблица 8

№ пунк- тов	$l_i^{np}$ мм	$P_i^{np}$	$l_i^{об}$ мм	$P_i^{об}$	$q_i$ мм	$M_{l_i}^{np}$ мм	$M_{l_i}^{об}$ мм	$M_{q_i}$ мм	$\Delta l_i$ мм	$\Delta l_i^2$ мм
1	6,88	0,257	7,41	0,072	6,99	0,11	0,04	0,04	-0,53	0,281
2	2,33	0,169	2,94	0,084	2,53	0,03	0,04	0,02	-0,61	0,372
3	3,16	0,127	3,74	0,101	3,41	0,05	0,05	0,04	-0,58	0,336
4	3,16	0,101	3,71	0,127	3,46	0,05	0,06	0,04	-0,55	0,302
5	2,59	0,084	3,06	0,169	2,90	0,03	0,03	0,02	-0,47	0,221
6	1,75	0,072	2,32	0,257	2,19	0,02	0,10	0,02	-0,57	0,325

$$m_l = \sqrt{\frac{[\Delta l^2]}{2n}} = 0.39 \text{ мм} \quad (25)$$

На основании фактических отклонений контрольных пунктов от створа и расчета точности результатов измерений можно сделать следующие выводы.

Из-за отсутствия уровня на корпусе отражателя погрешность наклона отражателя не учитывалась при вычислении нестворности, что привело к разности нестворностей из прямого и обратного хода в среднем – 0,55 мм.

Необходимо верх гнездового центра выставлять по уровню, на корпус отражателя необходимо вмонтировать цилиндрический уровень, предварительно исследовать погрешность хода фокусирующей линзы.

Анализ данных измерений данных показал, что СКП измерений горизонтальных углов, вычисленным по отклонениям от среднего не превышает 0,5", СКП расстояний не превышает 0,2 мм. СКП по разностям нестворностей из прямого и обратного ходов составила 0,39 мм, при требуемой точности определений отклонений от створа при наблюдении на бетонной плотине 0,7 мм. Следует учесть, что при исключении систематической погрешности за наклон отражателя и хода фокусирующей линзы зрительной трубы тахеометра, точность определения отклонений будет выше.

К достоинствам автоматизированной методики следует отнести исключение личных ошибок наблюдателя при визировании на отражатель и высокую скорость измерений (до десяти раз быстрее по сравнению с неавтоматизированным измерением углов и расстояний).

## 2.3 Анализ измерений, выполненных по программе общего створа на плотине ГЭС

### 2.3.1 Общие сведения о точности и методике измерений на плотине

Точность геодезических измерений деформаций напорных гидротехнических сооружений (ГТС) зависит от величины ожидаемых деформаций. Например, для ГТС Новосибирской ГЭС ожидаемые проектные наибольшие значения горизон-

тальные смещения составляют:

– для водосливной плотины горизонтальные смещения по бычкам верхнего бьефа составляют  $\pm 6.0$  мм, а по бычкам нижнего бьефа –  $\pm 3.4$  мм;

– для здания ГЭС горизонтальные смещения по бычкам нижнего бьефа составляют  $\pm 2.3$  мм.

В соответствии с ожидаемыми проектными максимальными значениями деформаций бетонных ГТС на скальных основаниях и рекомендациями [6], для ГТС допустимая средняя квадратическая погрешность определения горизонтальных смещений равна  $\pm 1.0$  мм.

Так как на бетонных ГТС Новосибирской ГЭС опорные пункты створов могут изменить свое положение между циклами измерений, то для определения их местоположения в системе координат ГЭС используется опорная линейно-угловая сеть II разряда. Наблюдения за горизонтальными перемещениями водосливной плотины и здания ГЭС выполняются створными измерениями по программе общего створа.

### *2.3.2 Методика наблюдений за горизонтальными перемещениями*

Наблюдения за горизонтальными перемещениями водосливной и стационарной плотин выполняется по плановым контрольным пунктам с принудительным центрированием, заложенным на блоках здания ГЭС со стороны нижнего бьефа – 12 контрольных пунктов и на низовых бычках водосливной плотины – 7 контрольных пунктов.

Схема расположения пунктов створа А-Б приведена в приложении А. Схема расположения пунктов створа Б-В приведена в приложении Б. Типы контрольных пунктов приведены в приложении В. В связи с тем, что между опорными пунктами створа “А” и “Б” отсутствовала прямая видимость, была выполнена установка новых опорных пунктов створа “А<sub>нов</sub>” и “Б<sub>нов</sub>”, новых контрольных плановых

пунктов створа в одних блоках со старыми пунктами и вспомогательного опорного пункта “А’<sub>нов</sub>”. Тип опорного пункта приведен в приложении Г.

Измерения отклонений контрольных пунктов от створа ““А<sub>нов</sub> Б<sub>нов</sub>”” выполняются с пункта “А’<sub>нов</sub>” методом произвольного полного створа с измерением малых углов электронным тахеометром с СКП измерения углов 1" в прямом и обратном направлениях.

Измерения малых углов выполняются 6 приёмами способом отдельного угла. Колебание значения угла в приёмах не должно превышать 5".

Измерения отклонений контрольных пунктов от створа “БВ” также выполняются методом произвольного полного створа с измерением малых углов 6 приёмами способом отдельного угла электронным тахеометром в прямом и обратном направлениях.

Измерения углов и камеральная обработка створных измерений выполняется по общепринятой методике для программы общего створа.

При составлении сводной ведомости горизонтальных перемещений контрольных пунктов относительно начального цикла наблюдений (1959 г.) учитываются различия в принятых системах координат.

По положительный знак горизонтальных перемещений означает перемещение в сторону нижнего бьефа, а по материалам СГГА - в сторону верхнего бьефа, а отрицательный знак - наоборот.

### *2.3.3 Определение горизонтальных смещений по программе общего створа на плотине*

Наблюдения за смещениями бетонных сооружений Новосибирской ГЭС осуществляются по пунктам реконструированной в 2009 году геодезической сети. Применена также как и прежде совмещенная схема, предусматривающая измерение в каждом цикле координат опорных пунктов створов “А’<sub>нов</sub>”, “Б<sub>нов</sub>”, “В” из линейно-угловой сети и измерение отклонений контрольных пунктов на бло-

ках сооружений створным способом относительно опорных пунктов (см. приложение Д).

Измерение отклонений новых контрольных пунктов от нового створа “А<sub>нов</sub>”-”Б<sub>нов</sub>” в настоящем цикле производилось, методом измерения малых углов на створе. Измерение малых углов производилось 6 приемами в прямом и обратном ходах.

Обработка результатов измерений включала:

- вычисление средних значений малого угла в прямом и обратном ходах по каждому контрольному пункту;
- вычисление отклонений пунктов от створа из прямого и обратного измерения по формуле среднего весового;
- оценка точности результатов измерений.

Измерение отклонений контрольных пунктов от створа “Б-В” в 2010 г. производилось, по программе полного створа также методом измерения малых углов 6 приемами теодолитом электронным тахеометром. В качестве визирных целей использовались постоянные марки-цели, заложенные в 2002 г. Обработка результатов измерений выполнена по общепринятой методике для общего створа. Результаты обработки измерений для створа А-Б приведены в приложении Е.

Ведомости отклонений от створа приведены в приложении Ж, а графики горизонтальных смещений в приложении И.

Измерение отклонений контрольных пунктов от створа “Б-В” в 2010 г. производилось, по программе полного створа также методом измерения малых углов 6 приемами теодолитом электронным тахеометром. В качестве визирных целей использовались постоянные марки-цели, заложенные в 2002 г. Обработка результатов измерений также выполнена по общепринятой методике для общего створа.

#### 2.4 Анализ горизонтальных смещений сооружений

Результаты створных измерений (приложение Ж), а также графики горизонтальных смещений контрольных пунктов (приложения И) позволяют выполнить

анализ смещений по видам сооружений, приведенный ниже. Допустимые значения для горизонтальных смещений для ГТС приведены в пункте 2.1.

*По зданию ГЭС* графики горизонтальных смещений контрольных пунктов над разделительными стенками секций плотины (створ “А<sub>нов</sub>”-”Б<sub>нов</sub>”), представленных на рисунке И.1, показывают, что за 2 года наблюдений между циклами (2008 - 2010 годы) наибольшие величины смещений приходятся на секцию 2, где они достигают 3,4 мм в сторону верхнего бьефа, при средней квадратической погрешности измерений смещений по створу равной 1 мм (предельная погрешность составит 2 мм). С начала измерений (1994 г.) наибольшие смещения получили секции №2 и №6, где величины смещения составил от +1,9, в сторону верхнего бьефа до - 3,0 мм, в сторону нижнего бьефа.

Следует отметить, что смещения всех контрольных пунктов секции между циклами 2008 г. и 2010 г. имеют направление смещения в сторону верхнего бьефа до +3.4 мм. Предположительно, это смещение может быть вызвано ремонтными работами по замене бетонного основания, на котором расположены марки. Для проверки стабильности положения контрольных пунктов секций необходимо выполнить весь, предусмотренный программой, комплекс работ по створным измерениям в 2011 году.

*По водосливной плотине* графики горизонтальных смещений контрольных пунктов на бычках (створ “Б”-”В”), представленные на рисунке И.2, показывают, что за время между циклами измерений (2008 - 2010 г.) величины смещений близки к друг другу и не превышают допустимых ошибок измерений.

Максимальное горизонтальное смещение имеет за 1959 - 2010 годы бычок №7, оно составило 2,6 мм в сторону верхнего бьефа, при допуске  $\pm 3,4$  мм.

При оценке технического состояния ГТС по критериальным показателям К1 и К2 безопасности ГТС, разработанным для Новосибирской ГЭС и заложенным в компьютерную систему мониторинга состояния сооружений Новосибирской ГЭС (БИНГ-3) следует отметить следующее.

По зданию ГЭС горизонтальные смещения секций ГЭС вдоль потока, вычисленные по смещениям контрольных пунктов I - XII (нижний бьеф), не превыси-

ли значений показателя К1 (кроме пункта № I который и не м.б. достоверным вследствие повреждения).

По водосливной плотине горизонтальные смещения секций по показаниям контрольных пунктов XIV-XX, установленных на бычках водосливной плотины со стороны нижнего бьефа, не превысили значений показателя К1.

В заключении следует отметить, что закладка новой геодезической контрольно-измерительной аппаратуры на плотинах и здании ГЭС, дополнительных пунктов опорной сети, существенно повысила надежность получения достоверной информации о происходящих осадках и смещениях указанных сооружений, что, несомненно, является положительным фактором обеспечения безопасности их работы.

Анализ данных измерений 2010 года показывает, что горизонтальные смещения бетонных сооружений Новосибирской ГЭС как за отчетный период (2008-2010 гг.), так и за весь период наблюдений (с 1959 по 2010 г.) в целом стабилизируются и не представляют в данное время опасности для нормальной эксплуатации электростанции. Однако, анализ смещений опорных пунктов створа А-Б показывает, что величины их смещений превышают погрешности измерений. Поэтому, для проверки стабильности их положения, необходимо выполнить дополнительно определение их координат от исходных пунктов.

### 3 ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ

#### 3.1 Организация работ на объекте

В настоящее время при строительстве работа геодезиста является необходимой частью строительного процесса. Работа, производимая геодезической службой, обеспечивает проектное размещение сооружений в соответствии с требованиями нормативных документов. Геодезические организации используют современные автоматизированные электронные лазерные приборы, а также программные обеспечения, которое позволяет автоматизировать процесс измерений, тем самым облегчает процесс работ. Геодезические работы участвуют при каждом этапе строительства. Также сроки геодезических работ зависит от своевременной и правильной выдачи данных. Работы могут производиться в любое время года, в независимости от погодных условий. Также сроки строительных работ связаны от производства работы геодезиста. Любая ошибка при измерениях и в расчетах могут привести к серьезным ущербам. Во время строительных работ время измерений геодезистом может увеличиться, так как это зависит от стесненности площадки, материалов, транспорта, механизмов. Строительство при больших темпах работ не могут быть снижено, так как это приведет к возрастанию расходов и сроков, тем самым повышается себестоимость продукции. В этом случае строительные и геодезические работы могут выполняться в ночное время по несколько смен. Геодезические работы делятся на полевые и камеральные работы. Для камеральной обработки результатов измерений требуется отдельное помещение с электричеством (для зарядки электронных приборов, компьютеров), а в зимнее время необходимы обогреватели. Геодезические работы на производстве выполняются по специальному разработанному проекту производства геодезических работ.

### 3.2 Определения сметной стоимости работ на объекте Новосибирской ГЭС

Расчет сметной стоимости работ является частью договора на выполнение работ. Смета включает в себя общую стоимость выполнения геодезических работ при наблюдении за горизонтальными смещениями Новосибирской ГЭС.

Расчет сметы выполнен на основании справочника базовых цен на инженерные изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений 2006 г. и приведен в приложении К.

### 3.3 Безопасность жизнедеятельности

При выполнении инженерно-геодезических работ в строительстве необходимо следовать руководству по технике безопасности.

К производству инженерно-геодезических работ допускаются лица, прошедшие инструктаж и обучение по технике безопасности в геодезических и строительных работах, также прошедшие инструктаж на рабочем месте. На основании действующих нормативных документов и стандартов по технике безопасности труда, проводится обучение и инструктаж для лиц, работающих на объекте повышенной опасности строящегося объекта. При производстве работ бригадой должен быть назначен один человек, ответственный за безопасность выполняемых работ [7].

На работу в геодезические организации, а также на полевые и камеральные работы с тяжелыми и опасными условиями труда, а также вредными для здоровья принимаются лица, достигшие 16 лет. Результаты обучения и регистрация инструктажа ведется в специальном журнале и фиксируется в протоколе.

Все работники должны быть обеспечены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты, а также оборудования и снаряжения должны соответст-

воват условиям выполняемой работы, соблюдать требования стандартов и обеспечивать безопасность труда.

Для передвижения людей должны быть специально предназначенные проходы [6].

Во время выполнения работ не разрешается переставлять временные ограждения. Не разрешается находиться около работающего оборудования без производственной необходимости. Необходимо держаться за поручни при хождении по лестнице. На оборванные провода не разрешается наступать.

Все виды камеральных работ должны выполняться в соответствии с утвержденными техническими проектами [7]. Условия труда должны отвечать санитарным нормам. Спецодежды и снаряжения должны обеспечивать защиту работников от вредных веществ. Также запрещается использование неисправных приборов для дальнейшего выполнения работ. Все кабинеты должны быть оснащены средствами пожаротушения и сигнализацией. К камеральным работам допускаются лица прошедшие специальную подготовку, инструктаж. Все лица, принимаемые на работу, должны пройти предварительный медицинский осмотр, а затем периодические. Также все лица, работающие на компьютере, фотолабораторных оборудованьях, картографических приборах непосредственно должны пройти обучение, при необходимости сдать экзамены, тем самым аттестуются на 1-ю квалификационную группу по электробезопасности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время для определения горизонтальных смещений на гидротехнических сооружениях выполняют измерения различными методами, по различным программам и различными приборами.

При работах на объекте всегда должны быть использованы методы, позволяющие повысить производительность труда и точность измерений.

В дипломной работе были подробно рассмотрены и проанализированы методы определения нестворностей.

Во второй части дипломной работы автор выполнил предрасчет точности определения нестворностей контрольных пунктов по трем программам для различных вариантов. Из анализа был сделан вывод о том, что следует рекомендовать определять нестворности на створе Новосибирской ГЭС по программе последовательных створов, что повысило бы точность измерений в 2,5 раза.

А также было выполнено автором исследование по применению автоматизированного тахеометра при измерении углов с помощью программы «Приемы» для определения нестворностей по программе общего створа в аудитории 31 СГУГиТ. Применение автоматизированного режима при измерении углов исключает личные ошибки наблюдателя и повышает производительность труда. Поэтому автоматизированный режим измерений также был рекомендован к применению измерений углов на створе Новосибирской ГЭС.

На примере плотины Новосибирской ГЭС выполнен анализ результатов определения горизонтальных смещений. На основании анализа данных был сделан вывод, горизонтальные смещения стабилизируются.

В дипломной работе также была рассмотрена организация работ на объекте, выполнен расчет сметной стоимости и рассмотрена безопасность жизнедеятельности при выполнении работ на объекте.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Жуков Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования в промышленных предприятиях [Текст] /Жуков Б.Н. –Новосибирск : СГГА, 2003. –356 с.
- 2 Жуков Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования в процессе строительства и эксплуатации [Текст] /Жуков Б.Н, Скрипников В.А, Сучков И.О . – Новосибирск: СГГА, 2013. – 162с.
- 3 Карлсон, А.А. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами [Текст] / Карлсон. – М.: Энергия, 1980. – 200 с.
- 4 Кузнецова И.А. Учебно-методический комплекс по дисциплине Наблюдение за деформациями сооружений для студентов специальности 050711 - Геодезия и картография [Текст] / Кузнецова И.А. Алматы: КазНТУ, 2009. –70 с.
- 5 Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст] / Левчук Г.П, Новак В. Е., Конусов В. Г. Учебник для вузов.— М.: Недра 1981, –438 с.
- 6 Правила безопасности при обслуживании гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования энергоснабжающих организаций. РД.153-34.0-03.205-2001. –94 с
- 7 Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-88). Москва, Недра. 1988 г.
- 8 Створные измерения деформации сооружений [Электронный ресурс] <http://www.drillings.ru/>
9. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений./Минрегионразвития РФ, Москва, 2006 г., СБЦ-2006).
- 10 Технология геодезического контроля горизонтальных смещений сооружений и оборудования [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://pandia.ru/>
- 11 Ямбаев Х.К. Геодезический контроль прямолинейности и соосности в строительстве [Текст] / Ямбаев Х.К. –М.: Недра, 1986.–264 с.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПУНКТОВ  
ДЛЯ СТВОРА А-Б

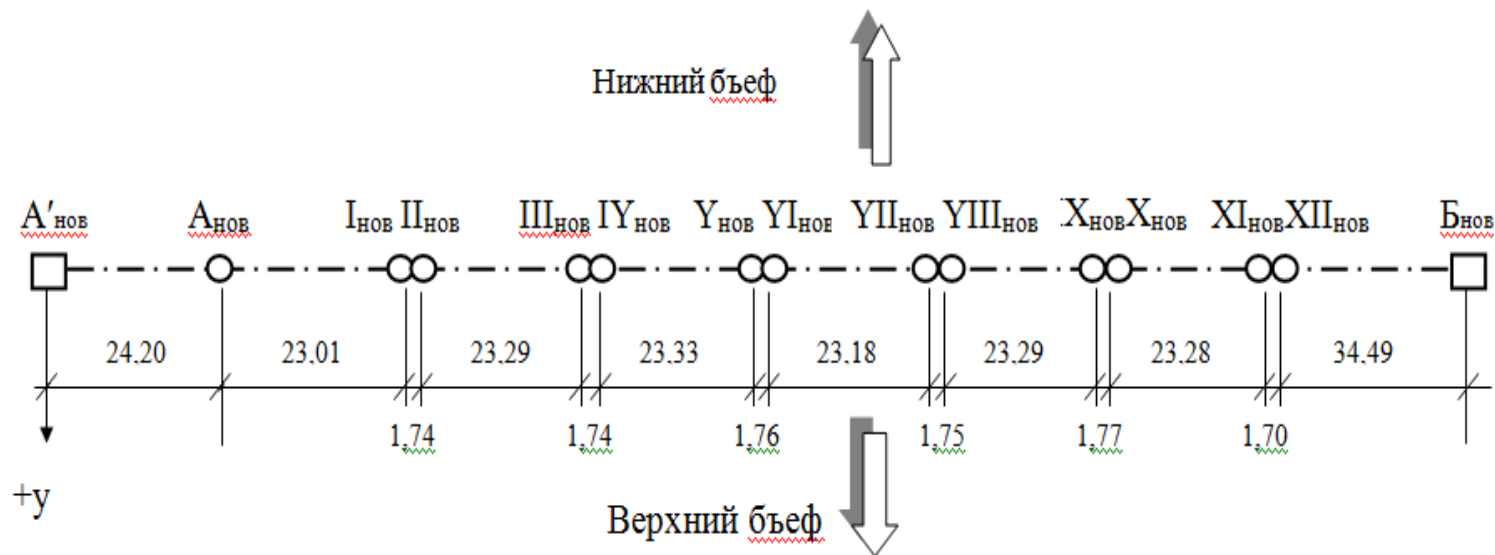
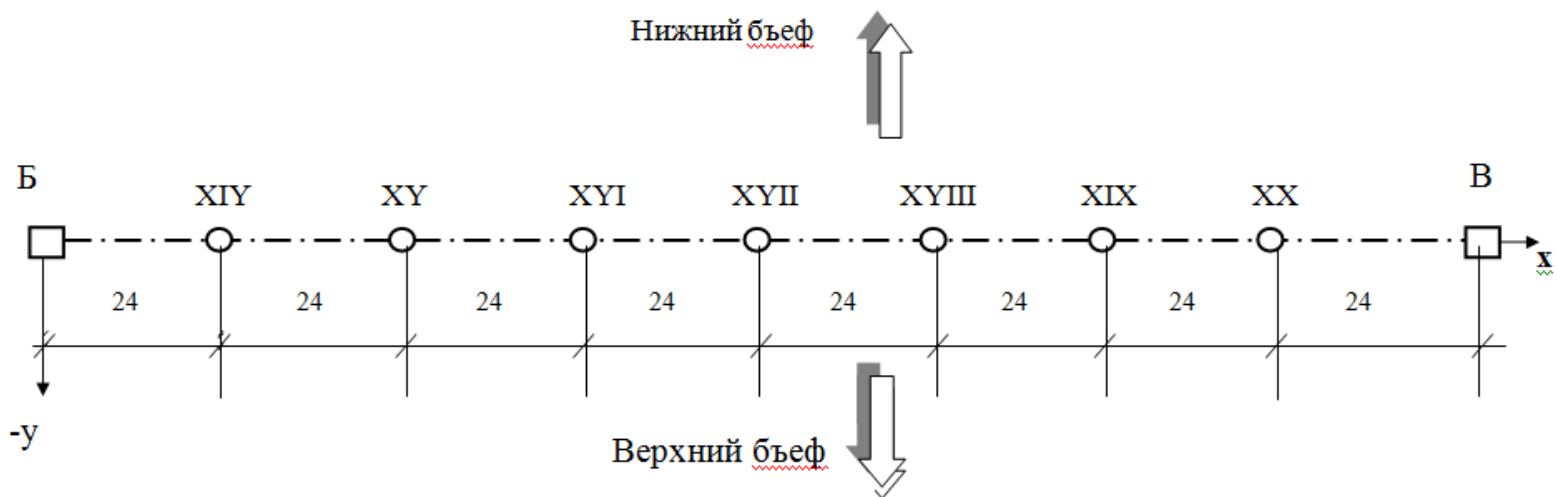


Рисунок Д.1 - Схема размещения опорных и контрольных пунктов створа “Анов”-”Бнов”

Примечания

- 1 Расстояния между пунктами даны в метрах.
- 2 Отклонения пунктов от створа (y) будут считаться положительными (знак (+)) – в сторону верхнего бьефа, отрицательными (знак (-)) – в сторону нижнего бьефа.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ДЛЯ  
СТВОРА Б-В



Примечания

- 1 Расстояния между пунктами даны в метрах.
- 2 У отклонений пунктов от створа ( $y$ ) будет считаться положительным (знак(-)) - в сторону верхнего бьефа, отрицательным (знак (+)) – в сторону нижнего бьефа.

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(обязательное)

КОНТРОЛЬНЫЙ ПУНКТ СТВОРА



ПРИЛОЖЕНИЕ Г  
(обязательное)

ОПОРНЫЙ ПУНКТ СТВОРА



ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
(обязательное)

СХЕМА ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ СЕТИ II РАЗРЯДА ДЛЯ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ  
БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ТЭС

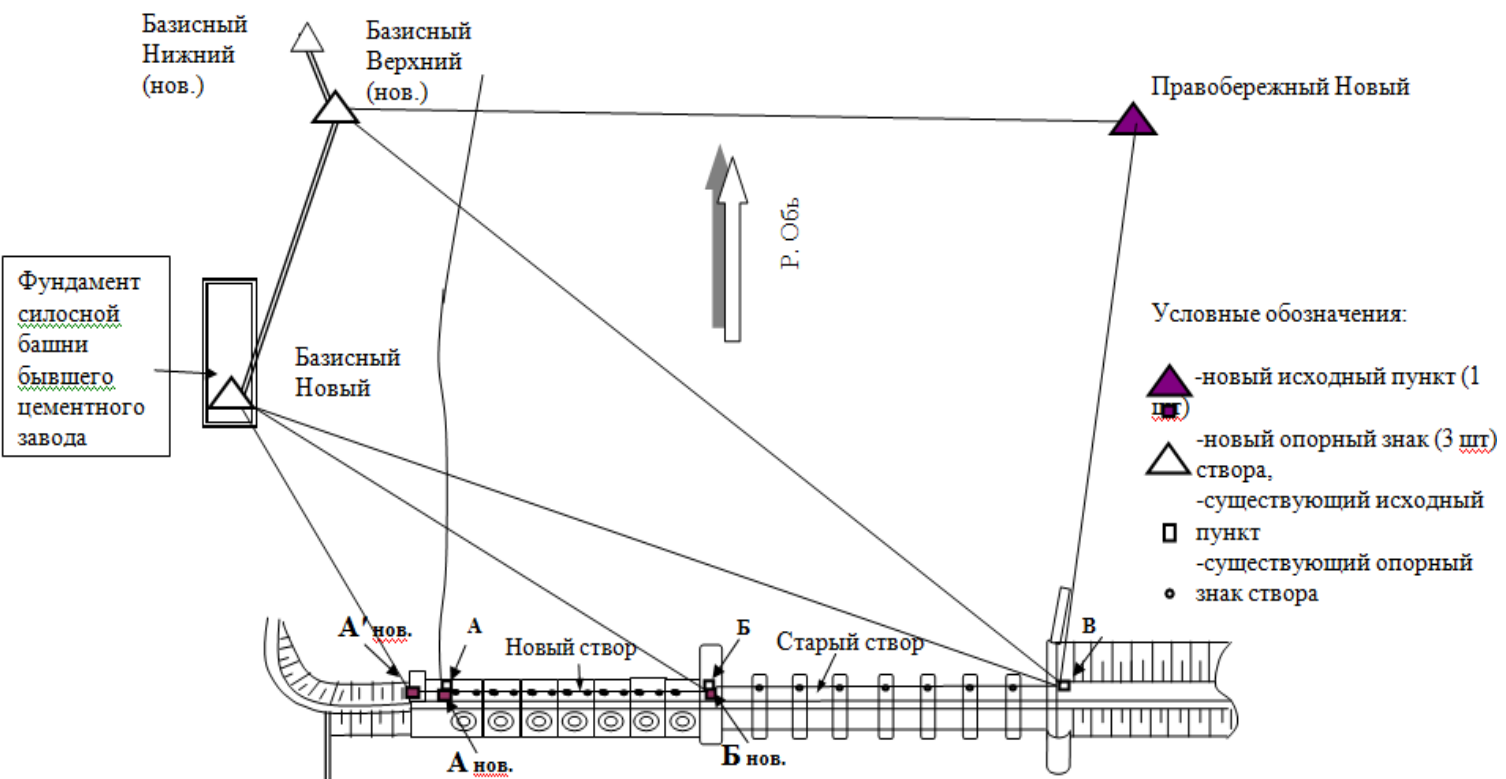




Таблица Ж.1 – Ведомость отклонений от створа и горизонтальных смещений контрольных пунктов створа “А<sub>нов</sub>-Б<sub>нов</sub>” (мм)

№ пунктов	Начальные отклонения от створа на 10.09. 2002 г.	Отклонения от створа на 20.10. 2008 г.	Отклонения от створа на 20.10 2010 г.	Смещения с 2008 г. по 2010 г.	Смещения с 2002 г. по 2010 г.	Смещения старых пунктов с 1994 по 2002 г. от створа А-Б (из отчета 2002 г)	Смещения за весь период измерений с 1994 г. по 2010 г.
1	2	3	4	5	6	7	8
А'	-149,1	-146,7	-144,5	+2,2	+4,6	-	-
I нов	-83,3	-83,4	повр-н	-	-	-1,2	-
II нов	-159,4	-158,8	-155,4	+3,4	+4,0	-3,5	+0,5
III нов	-140,3	-139,4	-137,2	+2,2	+3,1	-2,8	+0,3
IV нов	-82,5	-83,4	-81,1	+2,3	+1,4	-2,6	-1,2
V нов	-48,8	-48,8	-47,3	+1,5	+1,5	-2,8	-1,3
VI нов	-74,2	-72,8	-71,8	+1,0	+2,4	-3,0	-0,6
VII нов	-131,2	-130,7	-128,6	+2,1	+2,6	-2,6	0,0
VIII нов	-121,0	-120,6	-120,5	+0,1	+0,5	-0,9	+0,4
IX нов	-170,2	-170,3	-169,2	+1,1	+1,0	-0,1	+0,9
X нов	-143,7	-144,1	-142,5	+1,6	+1,2	-0,9	+0,3
XI нов	-54,5	-55,7	-54,9	+0,8	-0,4	-2,6	-3,0
XII нов	-97,6	-98,3	-96,6	+1,7	+1,0	-1,8	-0,8

Примечания :1) Знак (-) – в сторону нижнего бьефа, знак (+) – в сторону верхнего бьефа.

2) Смещения новых пунктов створа “А<sub>нов</sub>”- “Б<sub>нов</sub>” в 2002 г. (см. графу 5 табл.) приняты равные смещениям аналогичных старых пунктов створа “А”-”Б”(см. отчет за 2002 г.).

Таблица Ж.2

№ пунктов	Начальные отклон. от створа на 1959 г.	Отклонения от створа на 2008 г.	Отклонения от створа на 2010 г.	Смещения с 1959 по 2008 г	Смещения с 2008г по 2010г	Смещения с1959 по 2010г.
XIУ	+4.1	+4,0	+3,5	-0,1	-0,5	-0,6
XУ	+21.9	+21,8	+22,7	-0,1	+0,9	+0,8
XУІ	-0.9	+0,8	+0,9	+1,7	+0,1	+1,8
XУІІ	+2.0	+2,7	+2,8	+0,7	+0,1	+0,8
XУІІІ	-2.5	-3,7	-3,4	-1,2	+0,3	-0,9
XІХ	-3.9	-4,7	-3,9	-0,8	+0,8	0,0
XХ	-4.2	-8,1	-6,8	-3,9	+1,3	-2,6

## Примечания

- 1 Знак (-) – в сторону верхнего бьефа; знак (+) – в сторону нижнего бьефа.
- 2 Отклонения знаков от створа и их смещения в 2002 - 2008 годах выполнены по постоянным, установленным в 2002 г. новым визирным маркам-целям.

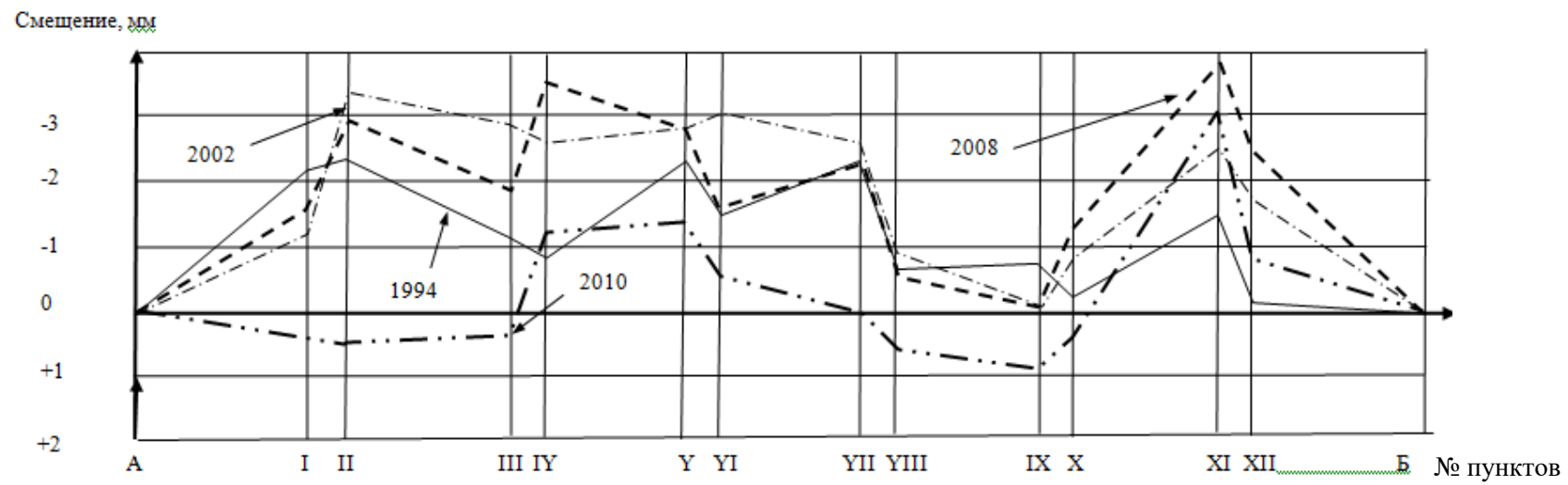


Рисунок И.1 - График смещений бычков низового фасада здания ГЭС

Таблица И.1 - Величины горизонтальных смещений

№ пунктов	A	I II	III IV	V VI	VII VIII	IX X	XI XII	Б
За время с 24.11.1994 по 26.09.1997 г., мм	0	-2,0 -2,8	-1,7 -1,6	-1,9 -1,7	-2,1 -0,4	-0,4 -0,6	-1,5 +0,3	0
За время с 24.11.1994 по 09.09.2002 г., мм	0	-1,2 -3,5	-2,8 -2,6	-2,8 -3,0	-2,6 -0,9	-0,1 -0,9	-2,6 -1,8	0
За время с 24.11.1994 по 20.10.2008 г., мм	0	-1,3 -2,9	-1,9 -3,5	-2,8 -1,6	-2,1 -0,5	-0,2 -1,3	-3,8 -2,5	0
За время с 24.11.1994 по 20.10.2010 г., мм	0	повв. +0,5	+0,3 -1,2	-1,3 -0,6	0,0 +0,4	+0,9 +0,3	-3,0 -0,8	0
Расстояние между марками, м	21,5	2,0   23,0	2,0   23,0	2,0   23,0	2,0   23,0	2,0   23,0	2,0   17,5   12,5	

Примечание. Знак (-) - в сторону нижнего бьефа, знак (+) - в сторону верхнего бьефа

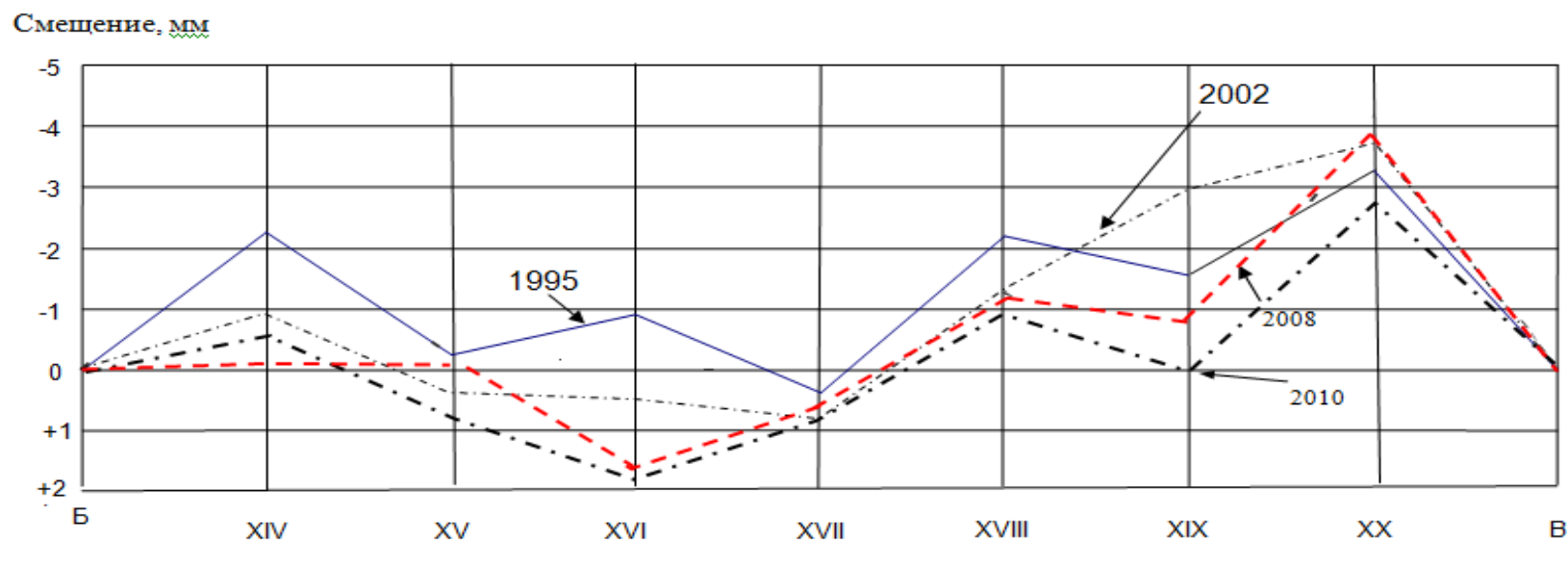


Рисунок И. 2- Графики горизонтальных смещений бычков водосливной плотины со стороны нижнего бьефа

8

Таблица И.2- Величины горизонтальных смещений

№ пунктов	Б	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	В
За время с 9.1959 г. по 9.1995 г., мм	0	-2,26	-0,25	-0,90	+0,37	-2,19	-1,56	-3,27	0
За время с 9.1959 г. по 9.2002 г., мм	0	-0,93	+0,59	+0,65	+0,85	-1,31	-1,30	-3,58	0
За время с 9.1959 г. по 10.2008 г., мм	0	-0,1	-0,1	+1,7	+0,7	-1,2	-0,8	-3,9	0
За время с 9.1959 г. по 10.2010 г., мм	0	-0,6	+0,8	+1,8	+0,8	-0,9	0,0	-2,6	0
Расстояния, м	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Номера бычков	Разд.	1	2	3	4	5	6	7	

Примечание. Знак (+) - в сторону нижнего бьефа, знак (-) - в сторону верхнего бьефа

ПРИЛОЖЕНИЕ К  
(обязательное)

Смета на выполнение геодезических работ на объекте

Таблица К - Сметный расчет на выполнение работ по наблюдению за деформациями ГТС

Виды работ	Обоснование цен	Категория сложности	Ед.измер.	Цена ед. раб. Руб.	Поправочные коэффициенты			Стоимость ед. с учетом коэф.	Объем работ	Стоимость работ, руб.
Полевые и камеральные работы										
Наблюдение пунктов опорной геодезической сети	СБЦ-2006 Часть 1, табл. 8, п.1	2	пункт	14423	1,25	1,2	0,7	15144,15	6	90864,9
				5651						6781,2
Наблюдение створных знаков, установленных на бетонных сооружениях	СБЦ-2006 Часть 1, табл. 9, п.12	2	1 знак	509	1,25	1,2		763,5	19	14506,5
				221						265,2
Итого полевых										151097,4
Внутрен. Транспорт 13.75% (табл. 4, п.5 СБЦ-2006										20775,89
Орглики 6% (Общие указания, п. 13, СБЦ-2006										9065,84
Всего по работам										180939,13
Итого сметная стоимость в текущ. ценах с учетом повышающ. коэффиц. К=3,93 (к ценам 2001г.) на I кв.2016 г.										711090