

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Новосибирск 2021

Оглавление

Оглавление 2
Введение 4
1 Подготовка комплекса к работе 8
1.1 Установка ключа защиты 8
1.2 Установка устройства радиосвязи Bluetooth 11
1.3 Начальные установки электронного тахеометра 15
1.4 Приведение электронного тахеометра в рабочее положение 16
1.5 Создание нового проекта 17
2 Работа программного комплекса Визир 3D 18
2.1 Настройка Online-режима измерений 21
2.2 Online–измерения одним тахеометром 22
2.3 Измерение недоступных точек 25
2.4 Режимы выноски точек 28
3 База данных измерительных приборов 33
4 Переход в систему координат детали 38
5 Определение геометрических параметров изделия 41
5.1 Вычисление расстояний 42
5.2 Определение прямолинейности 43
5.3 Определение параллельности прямых линий 44
5.4 Определение плоскостности 46
5.5 Определение параллельности плоскостей 47
5.6 Определение перпендикулярности плоскостей 48
5.7 Определение действительного радиуса окружности 48
5.8 Определение параметров окружности для заданного радиуса 50
5.8 Определение параметров цилиндра 51
5.9 Общая методика определения расположения деталей 52
6 Создание опорной сети 53
7 Работа с двумя тахеометрами 56
7.1 Установка радиосвязи с тахеометрами 56
7.2 Проект для работы с двумя тахеометрами 57
7.3 Синхронный режим работы двумя тахеометрами 58
7.4 Асинхронный режим работы двумя тахеометрами 60
8 Геодезический мониторинг сложных объектов 63
8.1 Мониторинг машин непрерывного литья заготовок 63
8.1.1 Создание высокоточной опорной сети МНЛЗ 66
8.1.2 Выставка в проектное положение рам МНЛЗ 70
8.1.3 Выставка в проектное положение роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ 73
8.1.4 Проверка положения кристаллизатора МНЛЗ 80
8.1.5 Результаты и показатели 82
8.1.6 Список литературы к разделу 8.1 84
8.2 Мониторинг вращающихся агрегатов 85
8.2.1 Создание опорной геодезической сети сушильного агрегата 85
8.2.2 Интерфейс программного модуля «Печи» 88
8.2.3 Моделирование печи 90
8.2.4 Измерение элементов агрегата 93
8.2.5 Определение радиального и аксиального биения 98
8.2.6 Статические измерения 99

8.2.7 Работа с камерой....101
8.2.9 Список литературы к разделу 8.2....102
9 Новые функции обработки....104
9.1 Работа с цилиндром....104
9.1.1 Поиск радиуса цилиндра....104
9.1.2. Поиск параметров цилиндра с фиксированным радиусом....106
9.1.3 Функция выбора по маске....107
9.1.4 Определение соосности объектов....109
9.2. Шаблоны обработки....110
9.3. Определение оси роликов по крышкам подшипников....114
9.4 Расчет привода....115
П Р И Л О Ж Е Н И Я....123
Приложение А. Файл настроек системы....124

Введение

Программный комплекс «***ВИЗИР 3D»*** является развитием программного комплекса «Уравнивание маркшейдерских и геодезических сетей и обработка съемок» («МГСети»), и предназначен для создания высокоточных геодезических сетей, моделирования и выверки геометрических параметров различного технологического оборудования и установки его в проектное положение. Особенностью данного комплекса является возможность его работы в ***online***–режиме совместно с высокоточными электронными тахеометрами. При этом комплекс обладает всеми возможностями программы «МГСети», предназначенной для проектирования, предрасчета точности и уравнивания плановых, высотных, а так же планово-высотных сетей произвольной конфигурации и обработки тахеометрической съемки.

Логической единицей обработки служит проект измерения объекта. Проект может включать любое число отдельных измерений элементов конструкции, в том числе и не связанных между собой. В проект может включаться теоретическая модель изделия (проектные чертежи) в этом случае программный комплекс может выполнить анализ соответствия фактического положения изделия его проектному положению.

Для повышения точности геодезических измерений программный комплекс «***Визир 3D»*** может работать в синхронном режиме с 2 тахеометрами, в этом случае можно достичь более высокой точности измерений. Точность измерений зависит от условий и технологии измерений и конфигурации геодезической сети.

Использование ***online***–режима измерений и обработки позволяет очень оперативно, непосредственно после выполнения измерений, получить результаты и выполнить корректировку положения или формы объекта.

Комплекс прошел промышленную апробацию на металлургических и машиностроительных заводах: Донецкий металлургический завод(г. Донецк), мет. к-т им. Ильича (г.Мариуполь), мет. к-т «Азовсталь» (г. Мариуполь), Новокраматорский машиностроительный завод (г. Краматорск), Докучаевский флюсо-доломитный комбинат(г. Докучаевск), Старобешевская ТЭС (г. Новый Свет).

Программный комплекс «Визир 3D» имеет модульную структуру и выступает в качестве клиента и сервера для различных устройств (рис. 1). Верхняя часть схемы показывает аппаратную составляющую комплекса. Основой комплекса является работа с одним тахеометром (1), интерфейс осуществляется по радиосвязи, по технологии Bluetooth. Управляющая программа и электронный тахеометр обмениваются командами, данными и сообщениями. Для повышения точности измерений, когда ее невозможно добиться путем многократных повторений одиночным тахеометром, возможна работа с двумя тахеометрами (2) в синхронном и асинхронном режимах. Этот вид измерений позволяет выполнять оценку точности каждого измерения в онлайновом режиме. Для составления фотоабрисов измеренных точек комплекс «Визир 3D» может взаимодействовать с камерой (3). Кроме того камера используется при визуальных обследованиях печей и сушилок для документирования прилегания роликов и бандажей, определения биения и зазоров шестерен и др.

Измерительный комплекс «Визир 3D» может управляться дистанционно с помощью внешних устройств (мобильный телефон (4) или контроллер). Управление основано на технологии «human device interface» и реализует ограниченный набор команд, связанных с инициализацией измерений и их обработкой. Эти же функции можно реализовать с помощью компьютера (ноутбука, планшета (5)…) а также и дополнительные функции сохранения данных на внешнем компьютере. Большая часть этих

возможностей обеспечивается самим комплексом «Визир 3D», а часть реализуется операционной системой.



Рис. 1 Структура программно-аппаратного комплекса ***«Визир 3D»***

Программное обеспечение комплекса «Визир 3D» складывается из 3-х уровней, самый нижний уровень (10) обеспечивает выполнение и обработку геодезических онлайновых измерений, и их уравнивание. Этот уровень обеспечивает создание опорных геодезических сетей для объектов и при правильном выборе системы координат может обеспечить измерение многих объектов. Второй программный уровень, основывается на данных первого

уровня, и позволяет по координатам точек вычислить прямолинейность объектов, параллельность линий и плоскостей, плоскостность, перпендикулярность линий и плоскостей, вычисление радиусов объектов и параметров цилиндров. В большинстве случаев этих функций достаточно для измерения объектов машиностроения и технологического оборудования в промышленности. Для сложных машин, для которых требуются модели и сложные расчеты, разработаны специализированные модули, которые включают функции измерений характерных точек, моделирование объектов и выработки корректирующих воздействий. Такие модули созданы для измерения и выставки МНЛЗ (6), диагностики состояния и выставки вращающихся печей (7) и сушилок (8).

Базовые возможности комплекса – работа с одним тахеометром, описаны в главах 1-6, дополнительные возможности – работа с двумя тахеометрами в синхронном режиме описана в главе 7. Моделирование и мониторинг сложных объектов – глава 8.

1 Подготовка комплекса к работе

Перед запуском программного комплекса «***Визир 3D»*** необходимо установить и правильно сконфигурировать устройства, обеспечивающие работу комплекса. Таких устройств два – это электронный ключ Guardant и устройство радиосвязи Bluetooth.

1.1 Установка ключа защиты

Ключ защиты предназначен для защиты программного комплекса от несанкционированного использования, копирования и распространения. Без него программный комплекс работать не будет.

Для установки ключа, его необходимо вставить в свободный разъем USB (рис. 1.1) и запустить программу установки драйвера ключа ***Setup.exe***.



Рис. 1.1 Установка электронного ключа и устройства Bluetooth

В появившемся окне программы установки (рис. 1.2), необходимо выбрать нужный пункт. В случае успешной установки драйверов на экране появится сообщение, показанное на рис. 1.3

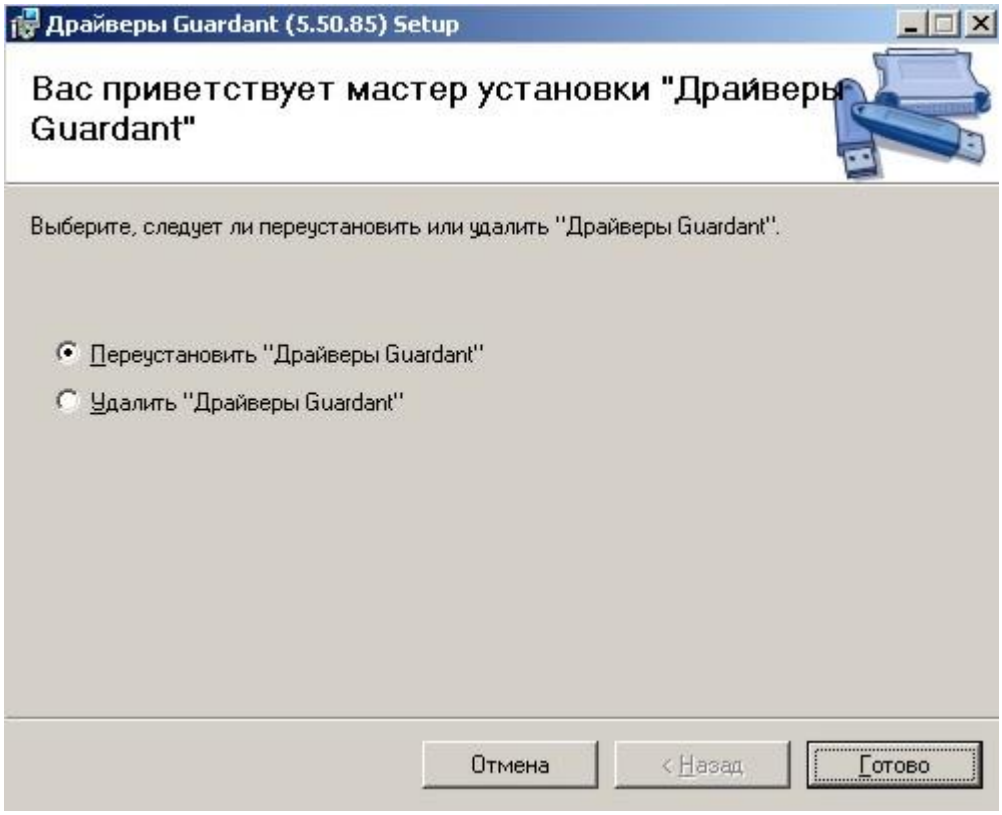


Рис. 1.2 Установка драйвера электронного ключа

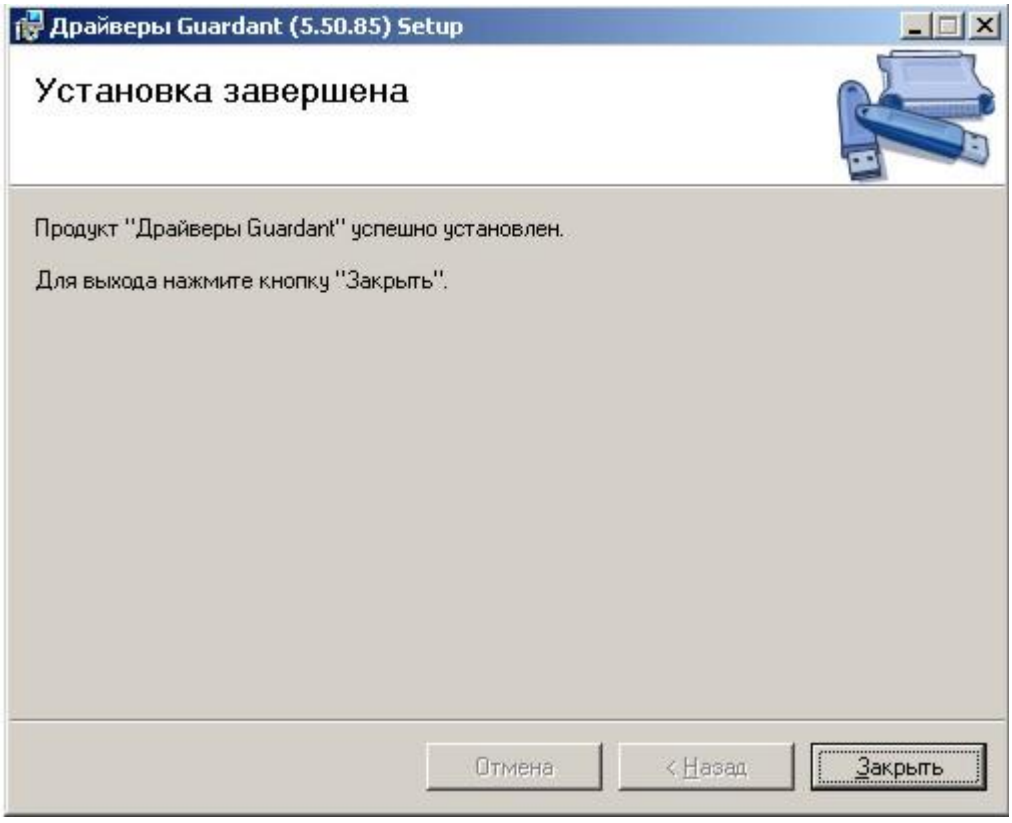


Рис. 1.3 Сообщение программы установки драйверов

Иногда требуется выполнить конфигурирование драйверов ключей, для этого можно воспользоваться программой установки драйверов ключей. Для правильной работы электронного ключа он должен быть настроен на использование порта USB (рис. 1.4).

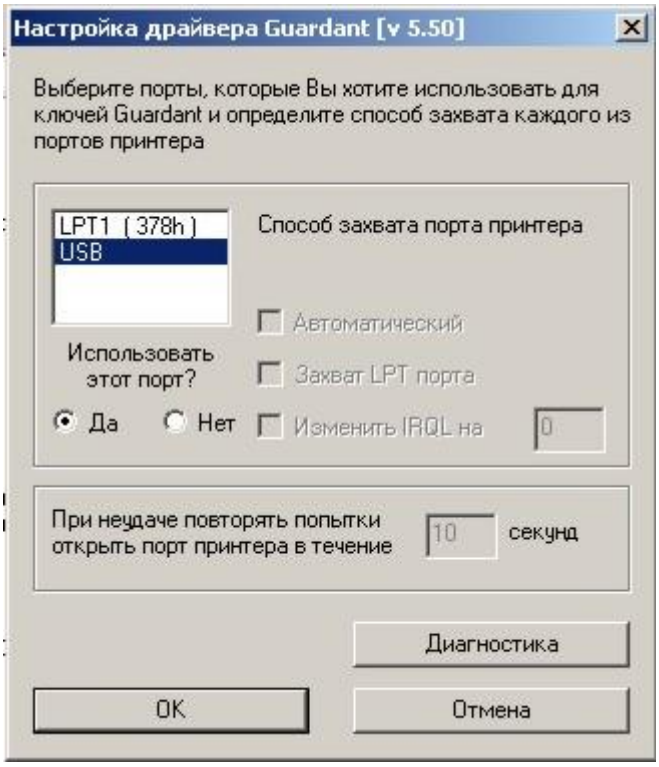


Рис. 1.4 Конфигурирование электронного ключа

При правильной работе электронного ключа на нем горит зеленый светодиод. Если светодиод не горит – значит не настроен драйвер ключа или ключ неисправен. Электронный ключ является надежным устройством, однако он может выйти из строя, если его извлекать из гнезда USB порта во время обращения к нему программного комплекса ***Визир 3D*** или во время несанкционированного перепрограммирования ключа. Поэтому необходимо соблюдать следующие требования:

Внимание!

1. ***Вставлять электронный ключ в порт USB и извлекать его необходимо при выключенном компьютере.***

2. ***При переходе компьютера в ждущий или спящий режим и обратно может нарушиться связь с электронным ключом. Желательно во время измерений не допускать перехода компьютера в ждущий или спящий режимы, т.к. после возврата в нормальный режим может нарушиться связь с ключом.***

1.2 Установка устройства радиосвязи Bluetooth

Устройство радиосвязи Bluetooth необходимо установить в свободный порт USB (рис. 1.1). На компьютере должно быть установлено программное обеспечение ***BlueSoleil*** (или любое другое)**,** которое поставляется фирмой изготовителем устройства радиосвязи вместе с устройством. Необходимым условием является то, что это программное обеспечение должно позволять назначение COM-порта для конкретного устройства (тахеометра). Это программное обеспечение включается в автозагрузку компьютера и загружается всякий раз при запуске компьютера, его иконка помещается в системной области панели задач компьютера. Цвет иконки сигнализирует о состоянии устройства Bluetooth (рис. 1.5).



а) устройство не подключено б) устройство подключено в) связь установлена

Рис. 1.5 Иконка программы ***BlueSoleil***

Для установления радиосвязи с тахеометром необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Перейти в окно программы ***BlueSoleil*** и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на центральной красной сфере, символизирующей ноутбук, который будет управлять тахеометром рис.1.6. При этом

будет выполнен поиск активных устройств Bluetooth, и они будут отображены на экране.

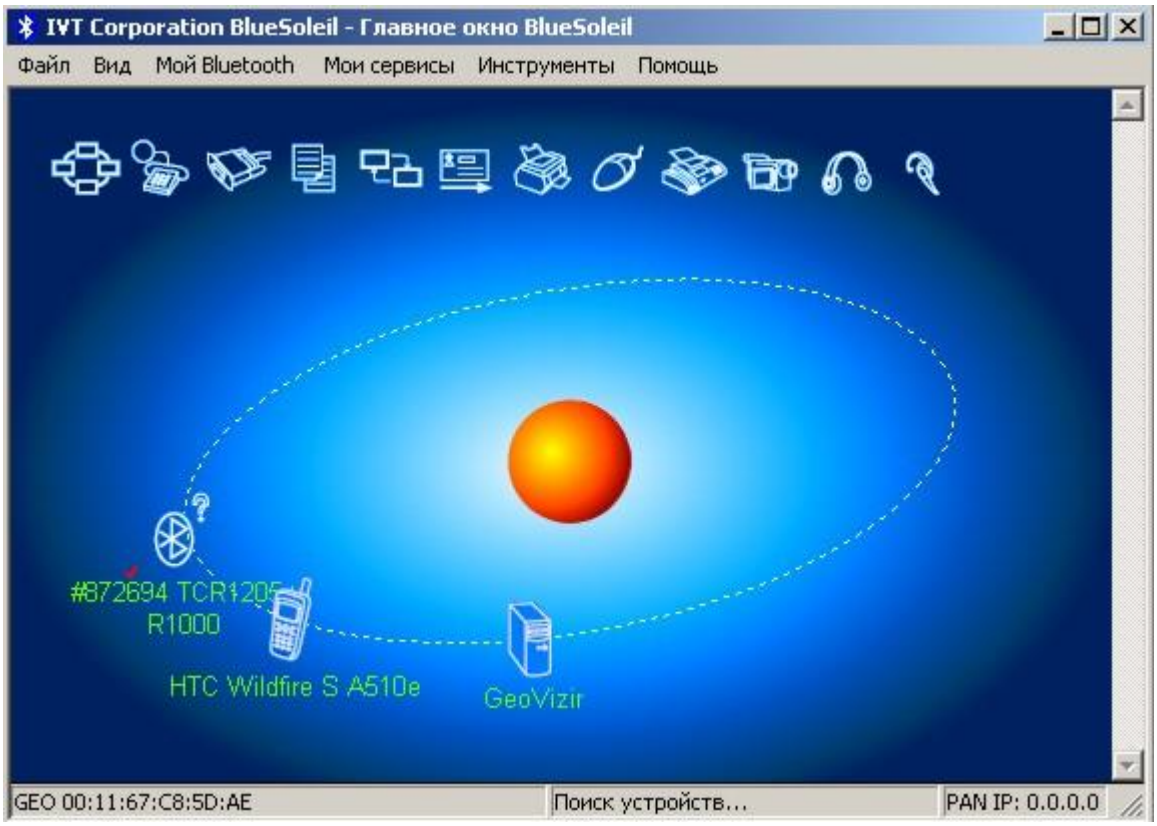


Рис. 1.6 Поиск активных устройств

Внимание! ***При установке радиосвязи с тахеометром желательно отключить все остальные устройства Bluetooth (мобильные телефоны, наушники и т.д.), т.к. они могут мешать установлению радиосвязи!***

2. Необходимо щелкнуть на значке электронного тахеометра (в данном случае TCR1205), если вы подключаетесь первый раз, то может появиться окно (рис. 1.7) в котором необходимо ввести код доступа к электронному тахеометру (110235).

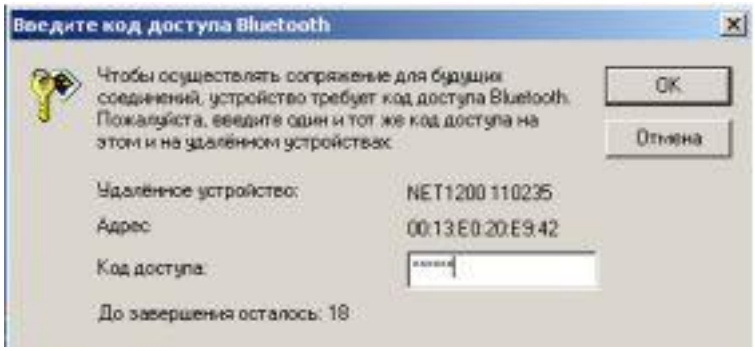


Рис. 1.7 Окно для ввода кода доступа

После этого будет выполнена операция обнаружения сервисов устройства – для электронного тахеометра будет доступен только сервис серийных портов (рис. 1.8, показан желтым прямоугольником).

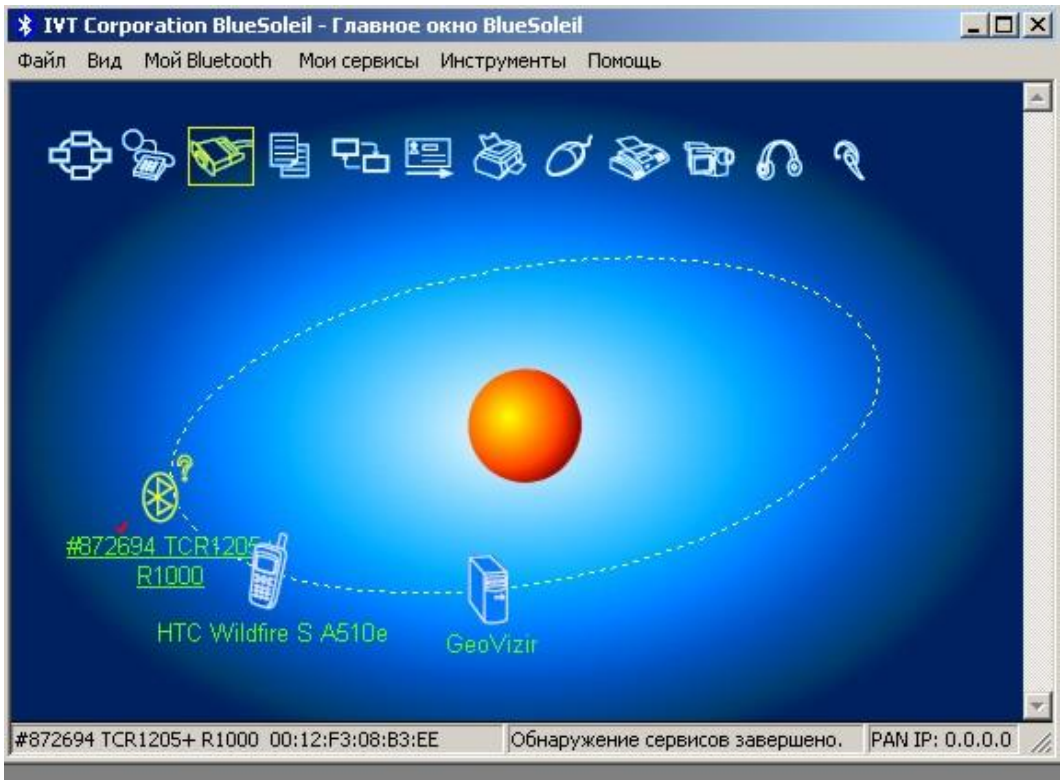


Рис. 1.8 Обнаружение сервисов тахеометра

3. После этого необходимо дважды щелкнуть на желтом прямоугольнике сервиса «Серийные порты» – цвет прямоугольника изменится на зеленый (рис. 1.9), при этом электронный тахеометр подаст звуковой сигнал. В главном окне программы ***BlueSoleil*** будет показана связь

между компьютером и тахеометром. Радиосвязь установлена – можно приступать к измерениям.

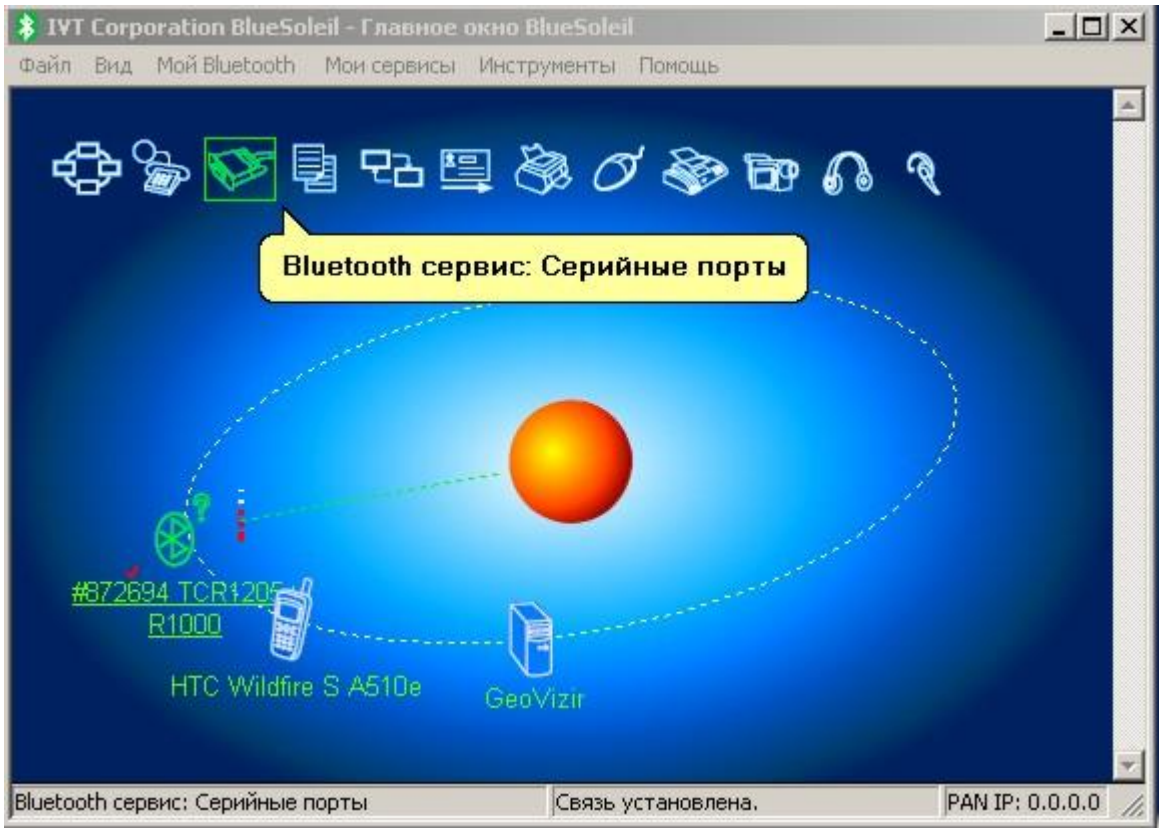


Рис. 1.9 Связь с тахеометром установлена

По умолчанию связь между тахеометром и управляющим компьютером устанавливается через порт COM6. Если необходимо изменить порт связи, то в программе ***BlueSoleil*** это можно сделать с помощью меню ***Инструменты →Настройки →Быстрое подключение*** (рис. 1.10 и 1.11).

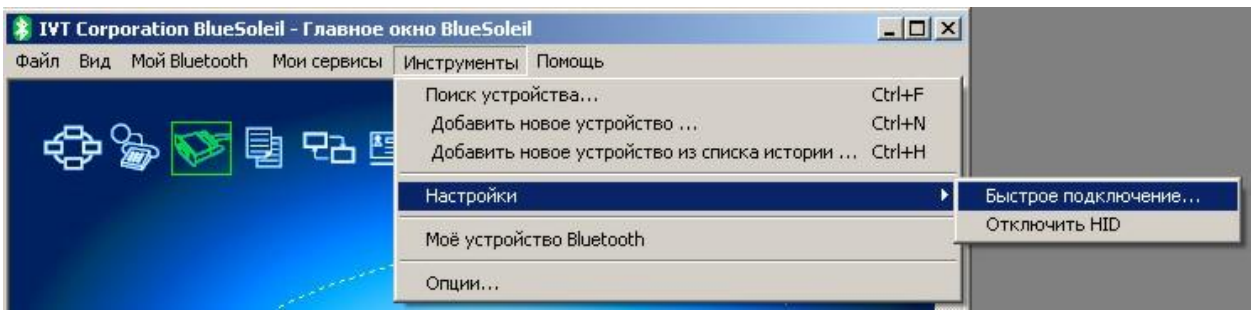


Рис. 1.10 Главное меню программы ***BlueSoleil***

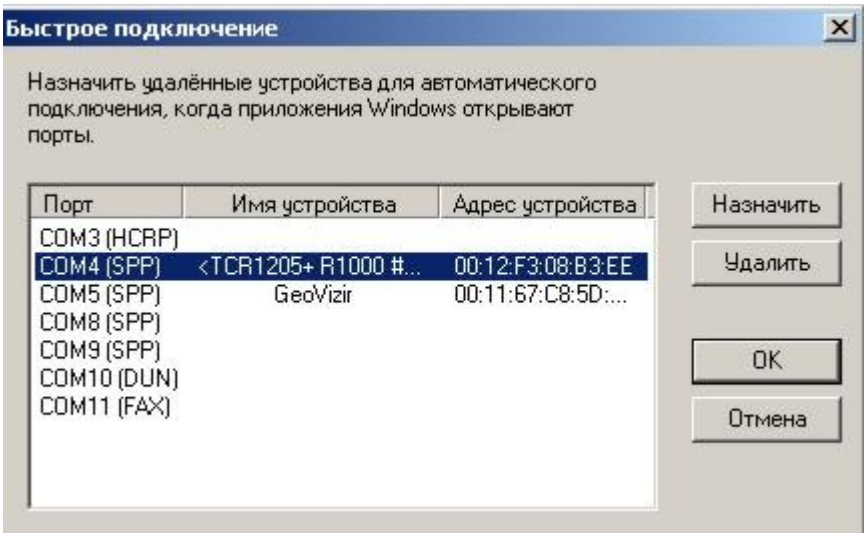


Рис. 1.11 Настройка порта для тахеометра

Иногда радиосвязь может оборваться. При этом тахеометр издает звуковой сигнал, а пиктограмма программы ***BlueSoleil*** становится не зеленой, а синей. В этом случае необходимо повторить операции по установлению радиосвязи, описанные выше не выходя из программы.

Эти операции необходимо выполнить 1 раз, только при первом запуске программы. В дальнейшем связь будет устанавливаться автоматически при запуске программы ***«Визир 3D»***.

1.3 Начальные установки электронного тахеометра

Для правильной работы электронного тахеометра перед началом измерений необходимо установить некоторые значения. Часть из них устанавливается один раз и сохраняется в памяти тахеометра, вторая часть должна вводиться каждый раз перед началом работы – она описывает параметры атмосферы во время проведения измерений.

Большинство установок тахеометра выполняется программно во время запуска приложения ***«Визир 3D»***, однако для правильной работы необходимо контролировать следующие установки (для тахеометров Sokkia):

1. Установки радиосвязи должны быть установлены согласно § 25 Руководства оператора NET 1200 (стр. 121–130), при этом параметр ***sheck sum*** должен быть установлен в ***No***
2. Число повторений при измерениях устанавливается равным 1.

Эти установки задаются один раз и сохраняются в памяти тахеометра.

Параметры температуры и давления задаются каждый раз перед выполнением измерений, согласно § 24 (стр. 109).

1.4 Приведение электронного тахеометра в рабочее положение

Перед измерениями электронный тахеометр устойчиво устанавливается в точке, откуда будут выполняться измерения изделия, и приводится в рабочее положение. Для этого цилиндрический уровень располагается параллельно двум подъемным винтам, и пузырек уровня выводится на середину. Затем инструмент поворачивается на 90 градусов и третьим винтом пузырек уровня выводится на средину. Для контроля инструмент поворачивают на 180 градусов, если пузырек уровня смещается более чем на одно деление – уровень нужно юстировать. Эта операция приводит инструмент в рабочее положение, при этом начинает работать компенсатор вертикального круга.

Некоторые тахеометры приводятся в рабочее положение с помощью круглого уровня.

Для тахеометров Sokkia:

Если во время измерений прибор сместился или наклонился – то может появиться сообщение: «Прибор в нерабочем положении! Проверьте уровень!» Это означает, что положение прибора было изменено во время измерений и дальнейшая работа на данной станции нецелесообразна. Измерения необходимо повторить!

Для тахеометров Leica:

При работе в заводских условиях, при повышенной вибрации и работе мостовых кранов желательно на экране тахеометра иметь изображение электронного уровня и при измерениях проверять его положение.

1.5 Создание нового проекта

Для выполнения измерений какого-либо из изделий необходимо создать (или открыть подготовленный ранее шаблон) проект. Новый проект создается с помощью пункта ***Новый*** меню ***Проект*** (рис. 2.4), после активизации, которого появляется форма (рис. 1.12) в которой необходимо только выбрать или ввести имя исполнителя и задать имя измеряемой детали.

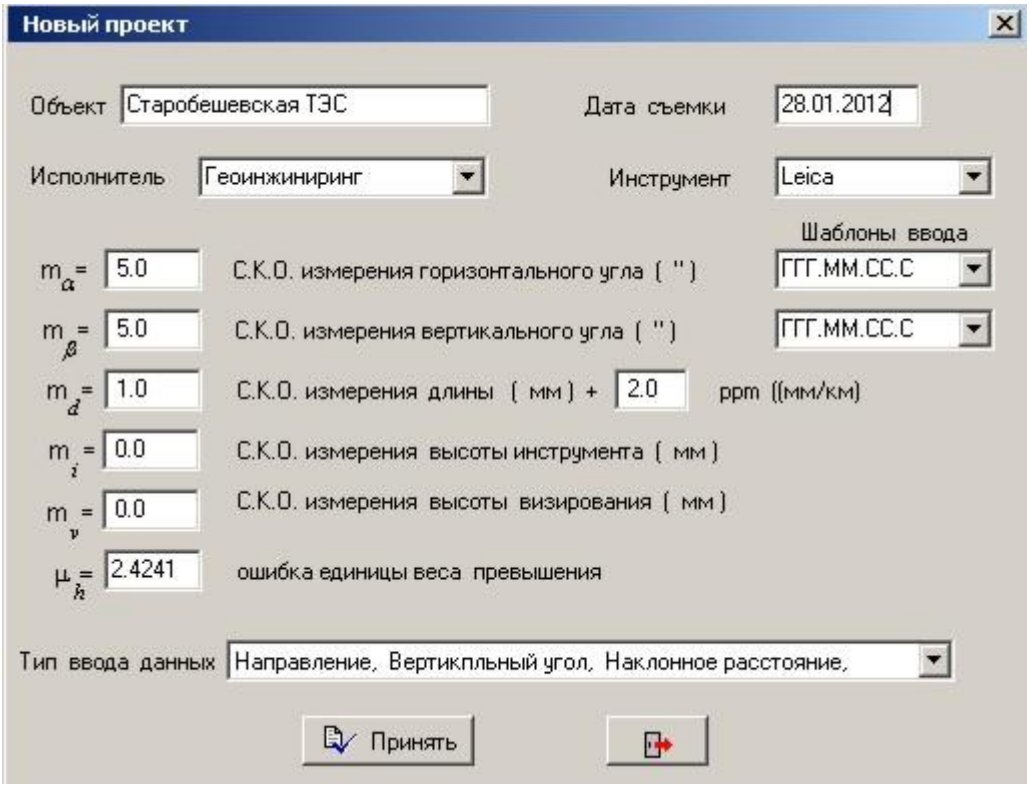


Рис. 1.12 Создание нового проекта

Все остальные данные заполняются автоматически из файла инициализации.

2 Работа программного комплекса Визир 3D

Измерение объекта в online-режиме выполняется с помощью программного комплекса Визир 3D, который вызывается на выполнение с помощью ярлыка 

, размещенного на рабочем столе компьютера.

Выполнение программы начинается с показа заставки программы (рис. 2.1), во время показа которой выполняется инициализация переменных программы и опрос электронного ключа программы.



Рис. 2.1 Заставка программы

Затем программа Визир 3D проверяет, запущено ли программное обеспечение для обеспечения радиосвязи, если оно не запущено – то будет показано сообщение (рис. 2.2). В этом случае необходимо прервать выполнение программы ***«Визир 3D»***, запустить вручную программу ***BlueSoleil.exe*** и установить связь тахеометра с управляющим компьютером, как это описано в разделе 1.2.

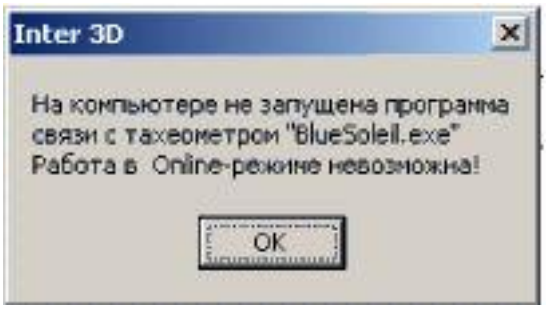


Рис. 2.2 Сообщение программы Визир 3D

Если инициализация программы прошла успешно – будет показана схема обработки данных проекта (рис. 2.3).

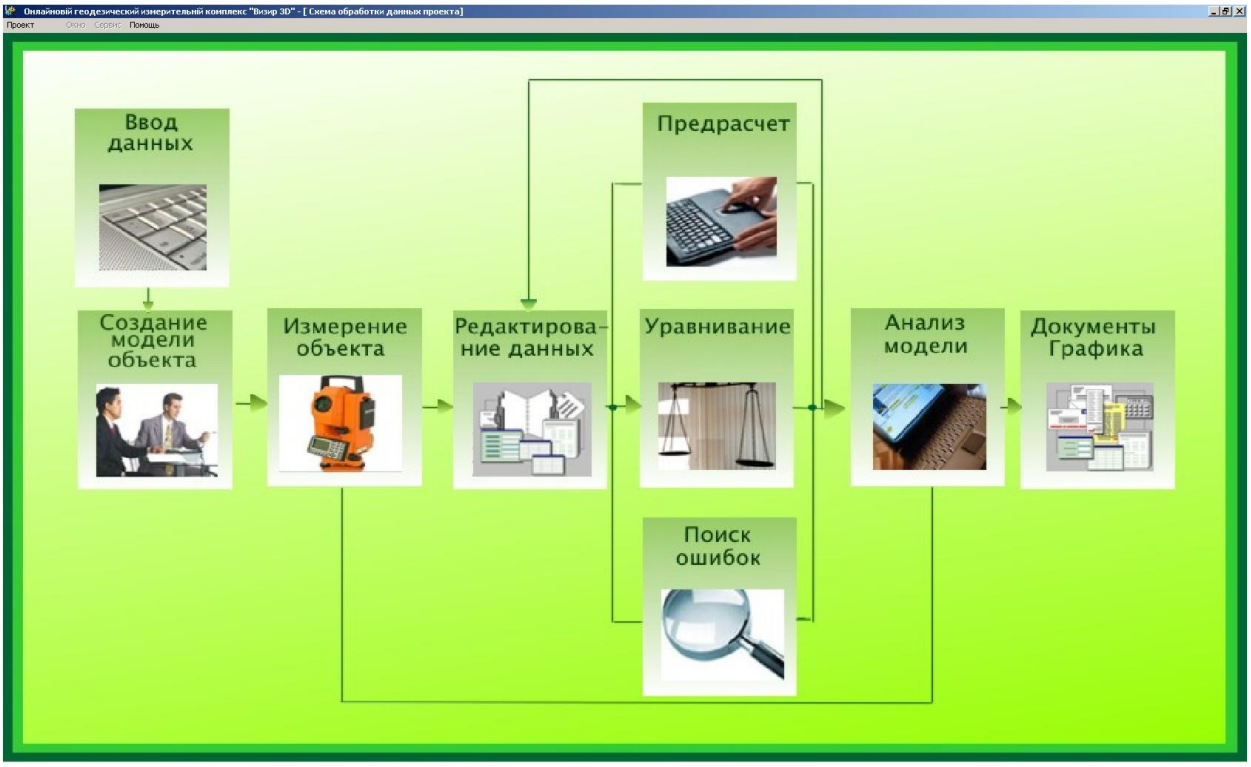


Рис. 2.3 Схема обработки данных проекта

Теперь программа готова к работе, становится доступным главное меню программы (рис. 2.4), в котором можно выбрать один из пунктов. Команды меню описаны в руководстве к программному комплексу МГСети, поэтому в настоящем руководстве будут описаны только те отличия, которые появились в комплексе «***Визир 3D»***.

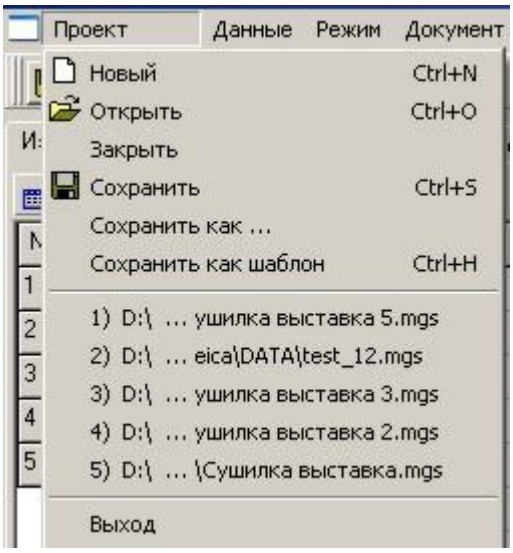


Рис. 2.4 Главное меню программы

Шаблон – это пустой проект, в котором нет измерений, но есть станции и имена точек, которые необходимо измерить. Шаблон легко создается из проекта измерений какого-то объекта с помощью команды ***Сохранить как шаблон***. Затем, когда возникает необходимость измерения подобного объекта, в программу загружается шаблон, в результате исполнителю становится ясна программа измерений, т.е. сколько необходимо точек стояния и какие точки необходимо измерить. Кроме того, при использовании шаблона сокращается время измерений, т.к. не нужно задавать имена точек.

После создания нового проекта, или открытия существующего, на экране будет показана форма с информацией о проекте измерения объекта и имеющимися измерениями (рис. 2.5). В графическом окне программы можно поместить рисунок в формате .BMP , на котором можно нанести последовательность измеряемых элементов и имена точек измерения.

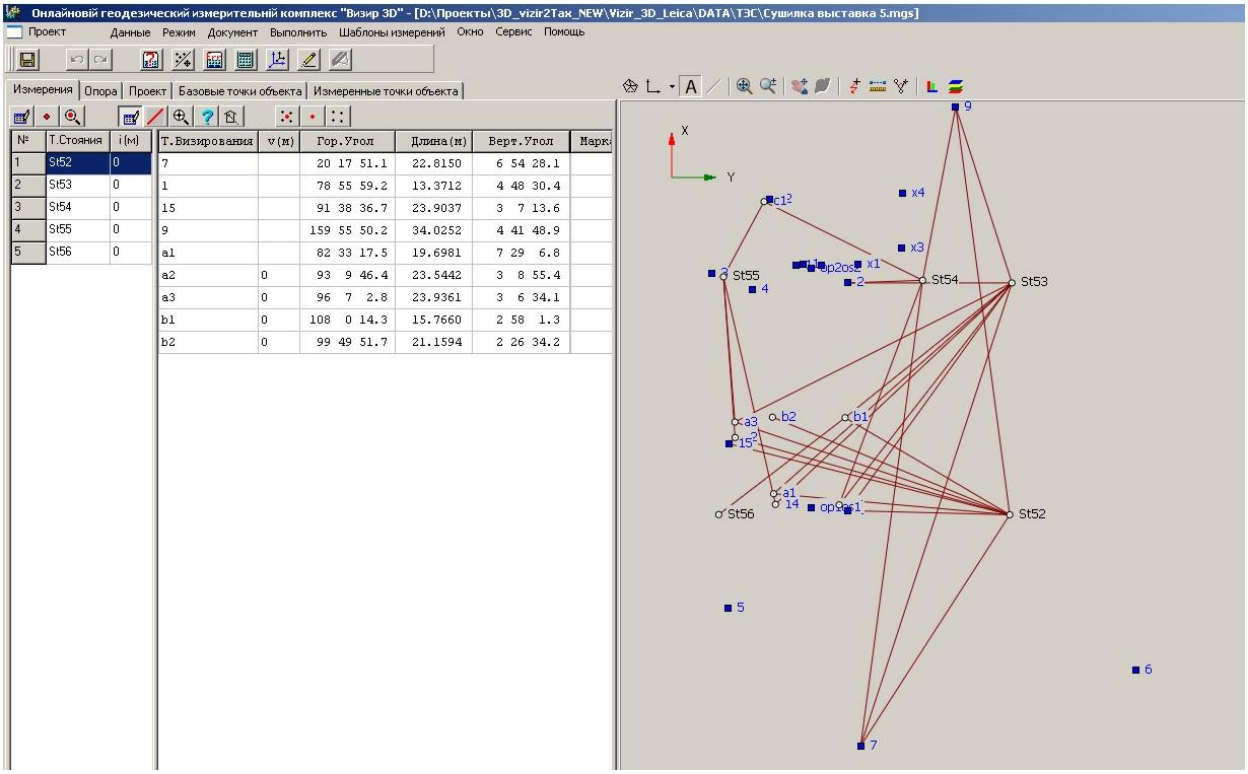


Рис. 2.5 Главное окно проекта

2.1 Настройка Online-режима измерений

Настройка online-режима выполняется для установки допусков online-измерений. Для настройки необходимо активизировать пункт меню ***Режим*** → ***Настройка Online-режима*** (рис. 2.6).

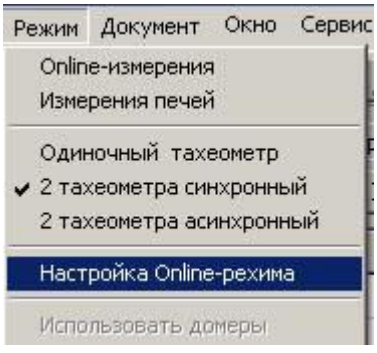


Рис. 2.6 Блок online-измерений

После активизации команды на экране появится окно, в котором можно задать/изменить допуски на online-измерения (рис. 2.7).

Допуски предназначены для контроля измерений в online-режиме угловых и линейных величин. Они контролируют отклонения этих величин от среднего значения. Допуски устанавливают режимы выделения измерений цветом при отклонениях от средних значений. Окончательное решение принимает исполнитель – какие измерения заморозить и не включать в дальнейшие вычисления. Максимальное число измерений – число измерений в серии, от 1 до 5 или более, в зависимости от требуемой точности измерений.

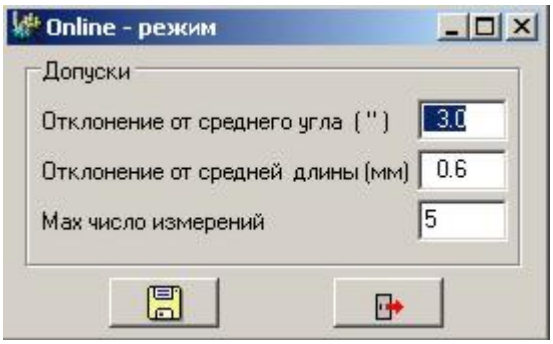


Рис. 2.7 Параметры связи и допуски

Пункт меню ***Режим → Online-измерения*** позволяет включить/выключить этот режим измерений. Эту же операцию можно выполнить с помощью функциональной клавиши **F2**, когда фокус ввода установлен на таблицу измерений. Если режим включен – то на данном пункте меню будет установлен флаг активности ✔ Online-измерения, и в статусной строке программы появится сообщение Online режим измерений.

2.2 Online–измерения одним тахеометром

Для выполнения ***online***-измерений (режим должен быть включен) необходимо задать имя точки и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши в

данной строке. При этом появится окно, управляющее выполнением ***online***-измерений (рис. 2.8).

В заголовке окна будет автоматически введено имя измеряемой точки. После наведения на эту точку при **КП** необходимо нажать на кнопку , при этом тахеометру будет послана команда на выполнение измерений, будет выполнена серия измерений, и данные будут занесены в таблицу (рис.2.8).

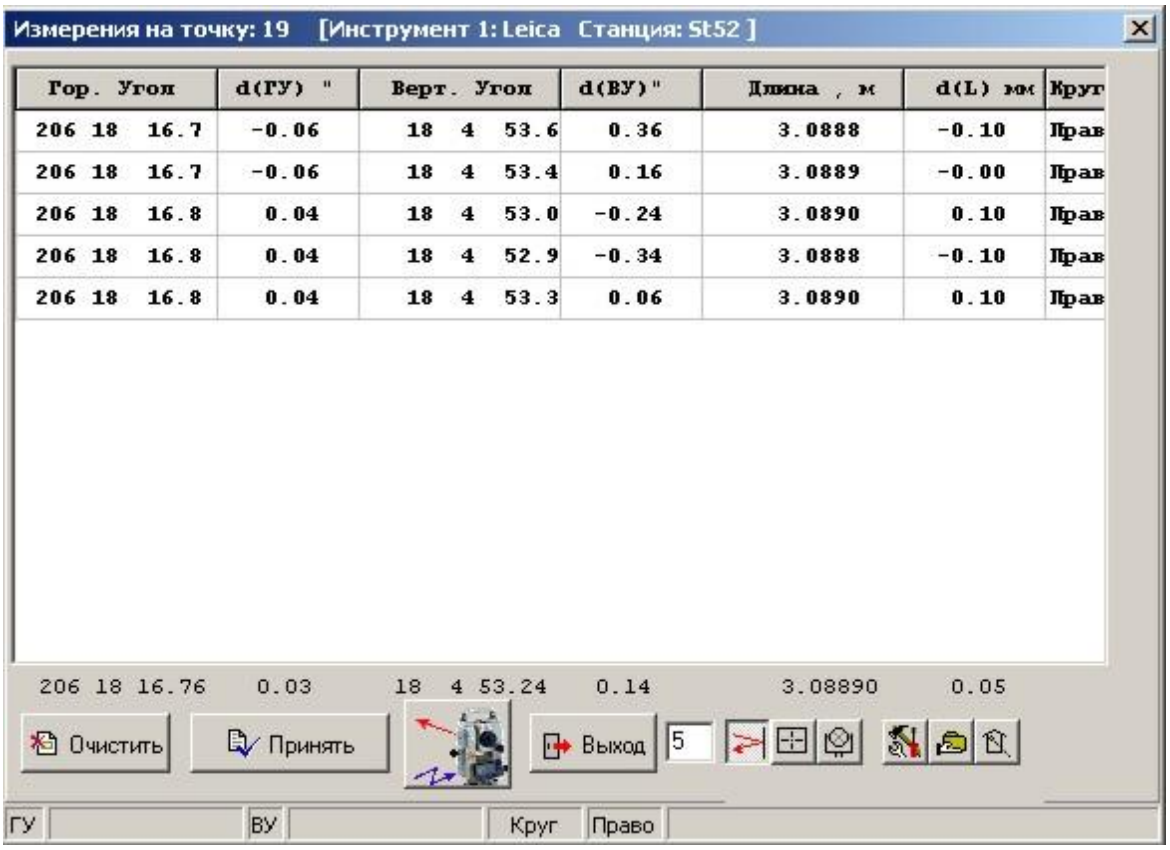


Рис. 2.8 Измерения точки (1-й полуприем **КП**)

Затем на эту же точку визируют при **КЛ** и выполняют еще серию измерений (рис. 2.9). Последовательность измерений **КЛ** и **КП** не имеет значения, все измерения приводятся к **КЛ**. Для Удобства поиска точек можно включать режим слежения (кнопка **F1** клавиатуры) – в этом случае в статусной строке формы измерений будут показываться текущие значения горизонтального и вертикального углов (рис. 2.9) через каждые 0,5 секунды.

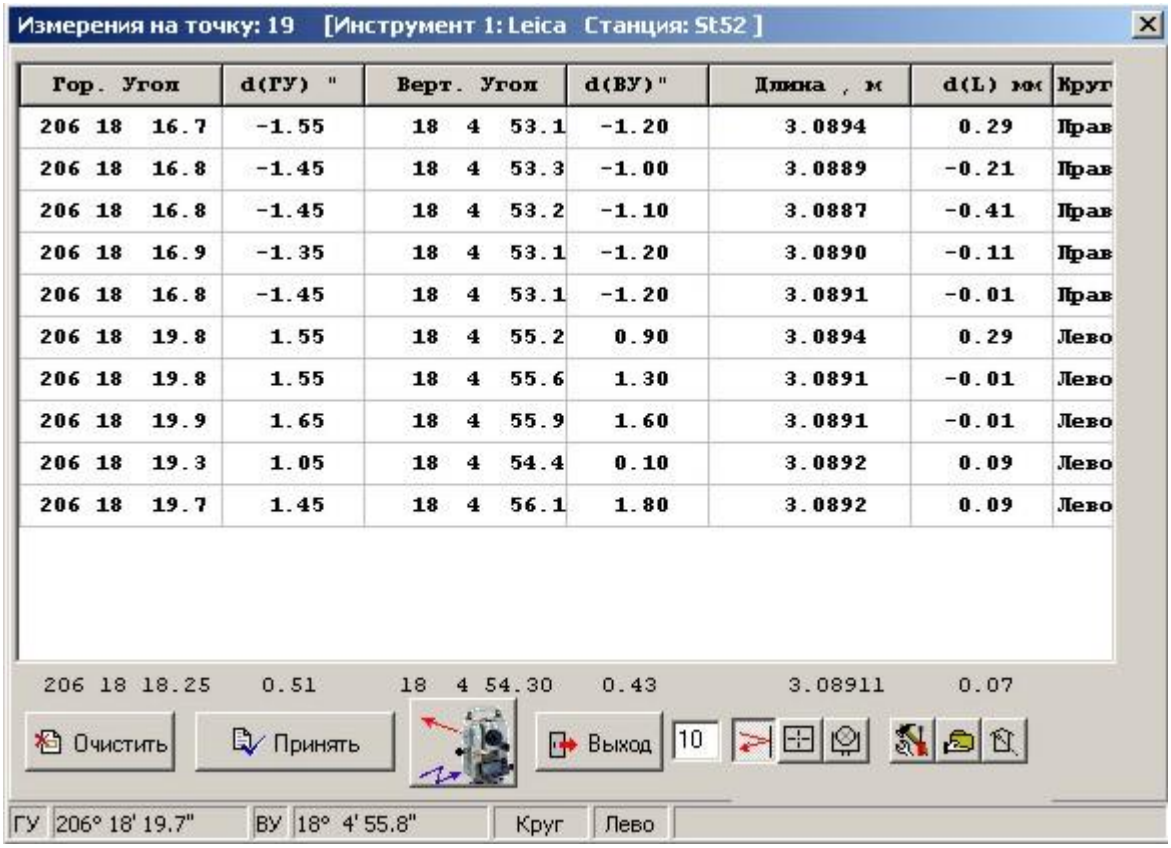


Рис. 2.9 Измерения точки (1-й полуприем **КП** и 2-й полуприем **КЛ**)

Если какие-то измерения отличаются от среднего больше чем на величину допуска, то эти отклонения выделяются светло зеленым цветом (рис. 2.10). Эти измерения можно исключить из измерений – если дважды щелкнуть на этой строке таблицы левой кнопкой мыши, эти строки будут выделены розовым цветом, и в вычислениях участвовать не будут.

Если измерения удовлетворительные необходимо нажать кнопку ***Принять***, и средние значения горизонтального и вертикального углов и наклонного расстояния будут занесены в строку измерений для соответствующей точки. Если измерения содержат большие ошибки, которые невозможно локализовать отключением некоторых измерений – все измерения можно удалить с помощью кнопки ***Очистить***. После этого можно начать измерения заново.

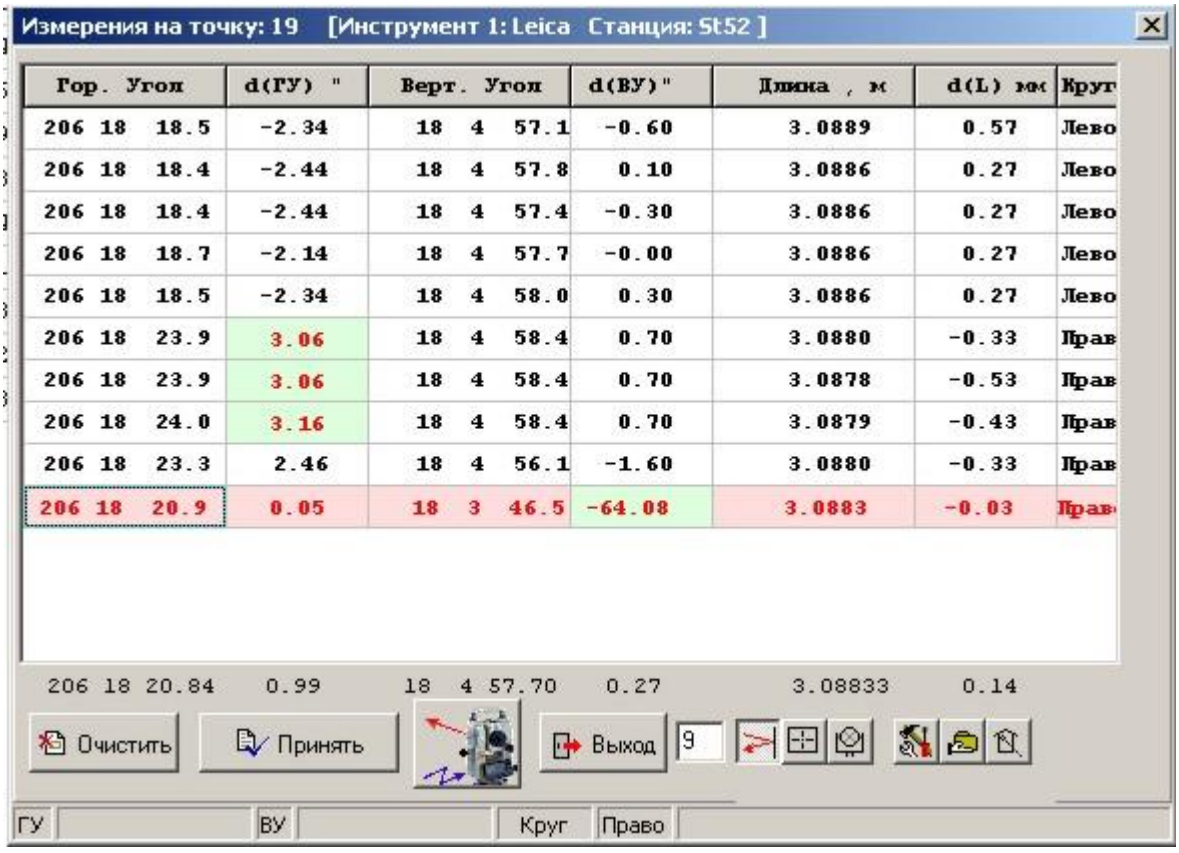


Рис. 2.10 Выделенные измерения

Кнопка ***Выход*** позволяет завершить измерения текушей толчки, при этом в таблицу измерений не будет занесено никаких значений.

Кнопки  – управляют режимом измерений, устанавливая соответственно режимы: «Безотражательный», «На пленку» и «На призму».

Кнопка  – устанавливает основные режимы тахеометра по умолчанию.

Кнопка  – дублирует команду ***Настройка Online-режима*** и вызывает окно, показанное на рис. 2.7.

2.3 Измерение недоступных точек

На объектах, или деталях, бывает необходимо измерить точки, прямое визирование на которые невозможно. В этом случае можно использовать специальную измерительную штангу с двумя визирными целями (рис. 2.11)

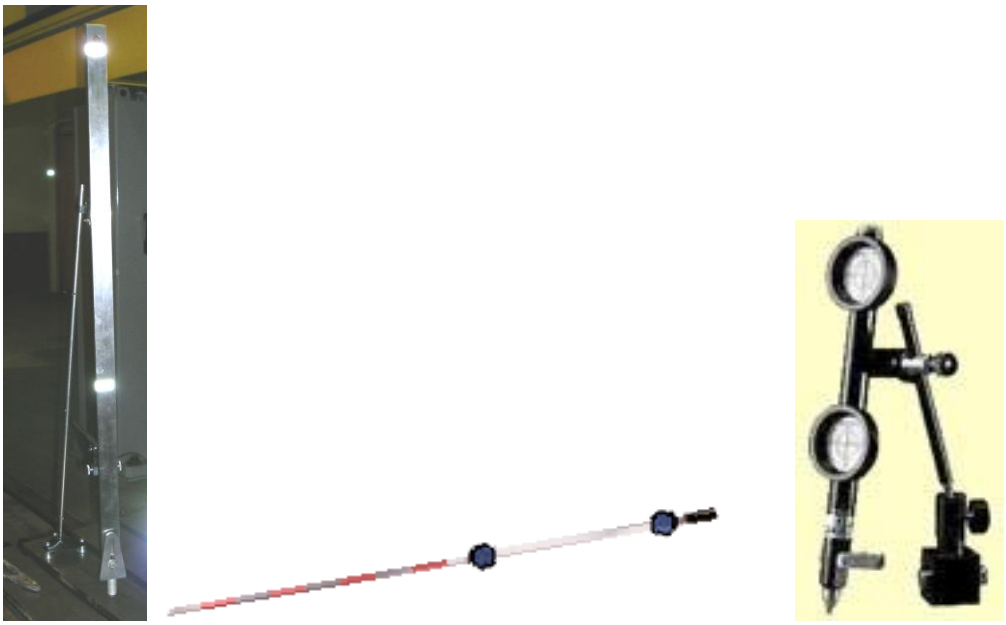


Рис. 2.11 Измерительные штанги

Штанга устанавливается и закрепляется неподвижно, таким образом, чтобы острие касалось объекта в точке измерения. Затем по схеме (рис. 2.12) производится измерение двух видимых визирных целей (1 и 2). Инициирование измерений выполняется с помощью функциональной клавиши **F3**.

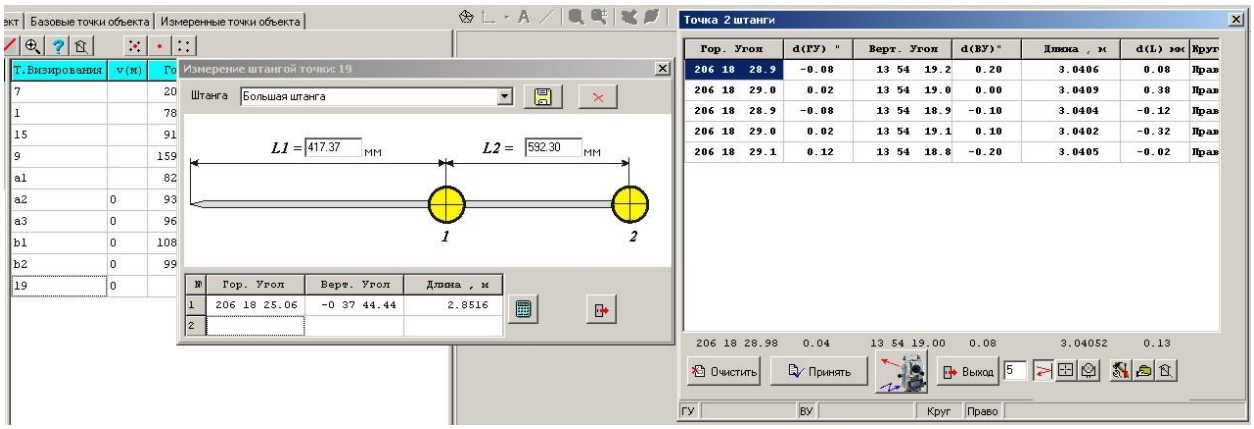


Рис. 2.12 Измерение штангой

Для начала измерений необходимо навести перекрестье сетки нитей на точку 1 и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на строке таблицы с номером 1. При этом появится окно ***online***–измерений, как показано на

рис. 2.8, в котором необходимо выполнить измерения и нажать кнопку ***Принять***. При этом будет заполнена первая строка таблицы измерений (рис. 2.12). Затем такие же операции необходимо выполнить для 2-й визирной цели. Когда обе цели будут измерены – станет доступной кнопка  (вычислить). Если нажать эту кнопку, то в таблице измерений будет заполнена данными строка для данной точки (рис. 2.13).

Если для измерения данной точки необходимо изменить расстояние между визирными целями – то новые расстояния вводятся прямо в окна ввода на схеме измерений (рис. 2.12) и сохраняются в файле инициализации системы.

Измерительных штанг может быть несколько, поэтому в программе предусмотрено сохранение их размеров в файле инициализации и вызов их из выпадающего списка (рис. 2.13).

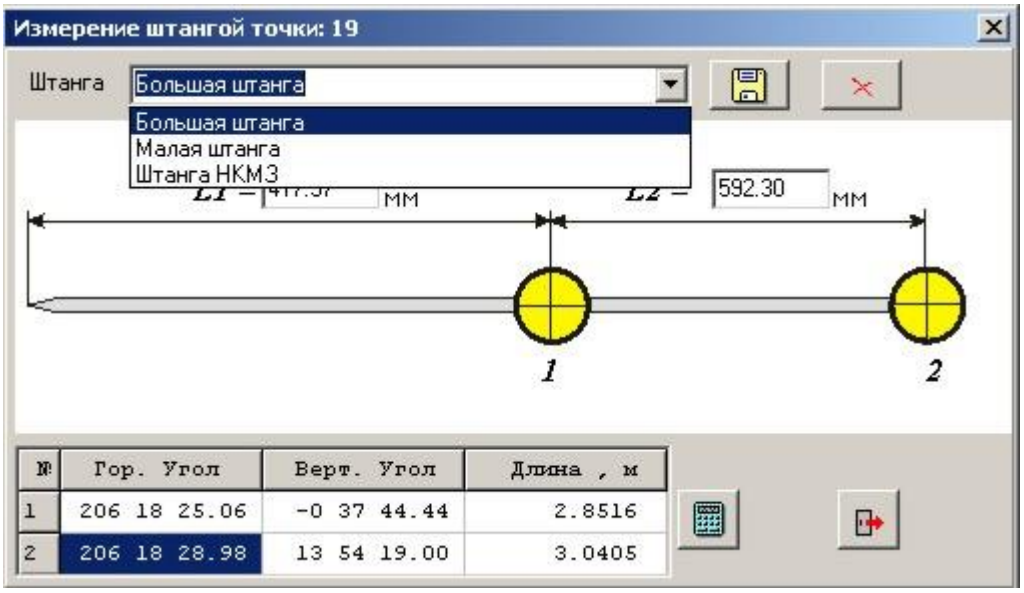


Рис. 2.13 Выбор измерительной штанги

Если необходимо задать новую штангу (или изменить параметры существующей) – то в окне ввода выпадающего списка задается имя штанги

в специальных окнах параметры $\mathbf{L_1}$ и $\mathbf{L_2}$, а затем необходимо нажать кнопку  для сохранения изменений.

Если необходимо удалить из базы текущую штангу, то нужно нажать кнопку .

2.4 Режимы выноски точек

С помощью комплекса ***«Визир 3D»*** можно выполнять выноску точек, которая может быть в двух вариантах (рис. 2.14)

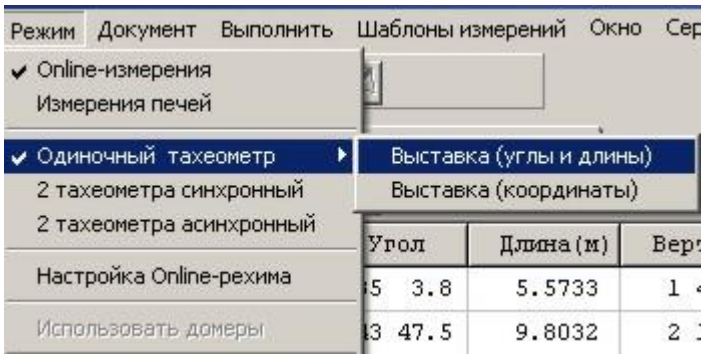


Рис. 2.14 Режимы выноски точек

Выставка (углы и длины)

Это сложный вариант выноски, когда работы выполняются в геодезической или условной системе координат, а выноску необходимо провести в системе координат объекта. Например, если на изделии необходимо установить какой-то элемент. Для выполнения этой операции необходимо измерить на объекте не менее 3 точек с известными координатами в системе координат объекта, вычислить параметры перехода между системами координат, а затем решить обратную задачу.

Для решения этой задачи принята следующая технология:

1. Координаты точек для выноски необходимо занести в таблицу «Базовые и контрольные точки объекта» (рис. 2.15). Это можно сделать вручную или

импортировать из текстового файла. Эти точки сохраняются в проекте и шаблоне проекта.

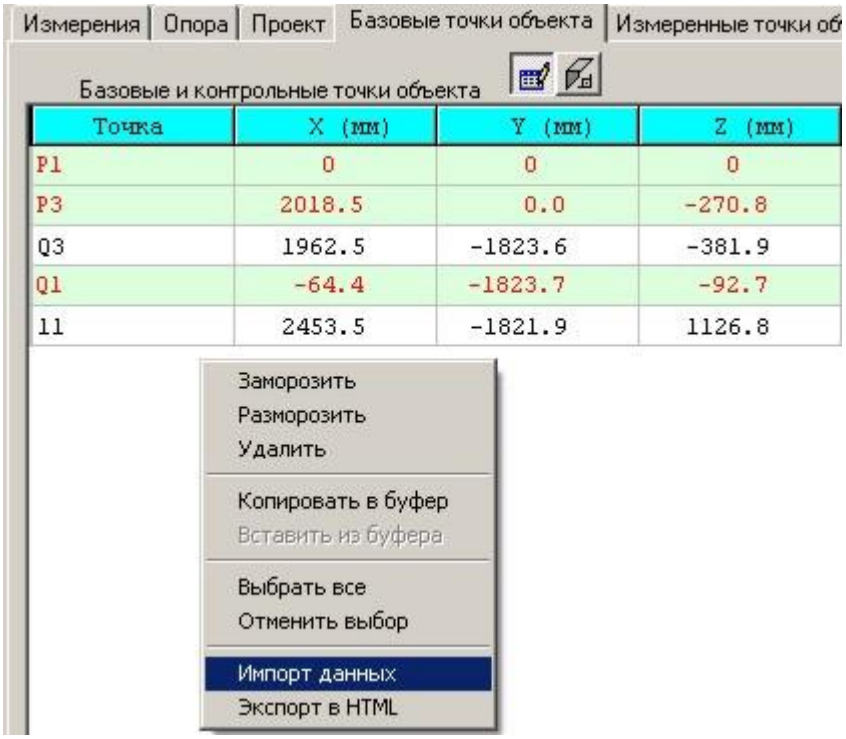


Рис. 2.15 Задание базовых и контрольных точек

2. Измеряются 3 или более точек, для которых известны координаты в системе координат объекта и вычисляются параметры перехода между системами координат, т.е. необходимо уравнять сеть ( ) и сделать перевычисление в систему координат объекта ( );
3. Примерно на месте установки нового элемента устанавливается измерительная марка, и выполняются измерения. После этого решается обратная задача, т.е. пересчет в геодезическую систему координат, после чего вычисляются отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам и расстояние, которые должны быть установлены, чтобы точка заняла проектное положение (рис. 2.16).
4. После выставки точки выполняются контрольные измерения и вычисляются отклонения координат данной точки от проектных и

сравниваются с допусками на установку элементов машины, заданных технической документацией.



Рис. 2.16 Выставка точки в системе координат объекта

Такая же технология может применяться, если работы выполняются в геодезической системе координат, в этом случае в таблицу «Базовые и контрольные точки объекта» заносятся данные по выноске в геодезической системе координат и определяются как контрольные. Базовые точки не за задаются. В этом случае при пересчете систем координат появится сообщение, как показано на рис. 2.17.

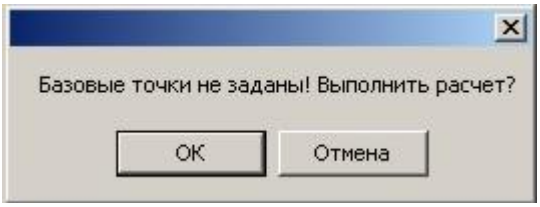


Рис. 2.17 Диалоговое окно пересчета координат

Если в этом окне подтвердить выполнение действий – то будет выполнен пересчет геодезических координат точки в размерность определенную на вкладке «Проект» (рис. 4.2).

Если измеренная точка не найдена в таблице «Базовые и контрольные точки объекта», то появится окно (рис. 2.18), в котором будут показаны вычисленные геодезические координаты точки, а в строке «Проект» будет информация «нет данных». Углы и длина не вычисляются.

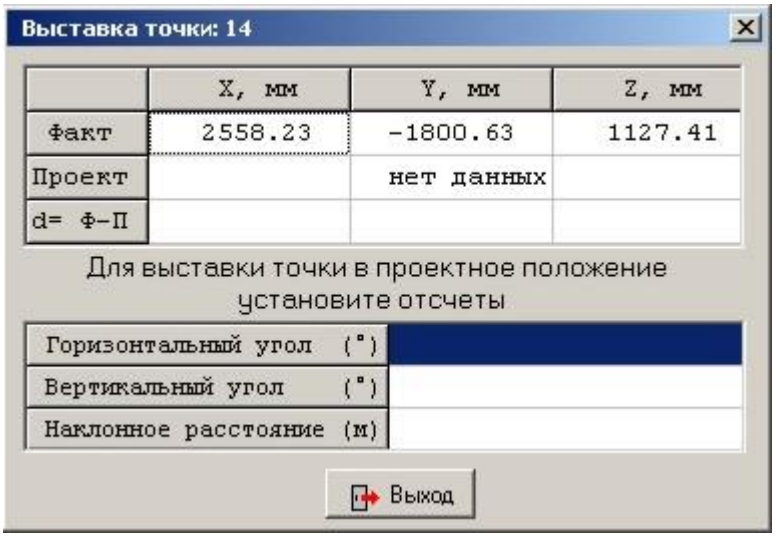


Рис. 2.18 Данные о измеренной точке

Выставка (координаты)

Применяется, если измерения выполняются сразу в системе координат объекта, как, например, МНЛЗ, где система координат определяется относительно элементов машины. В данном случае нет необходимости вычислять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам и длину, которые должны быть измерены на точку, чтобы она заняла проектное положение. Достаточно указать смещение этой точки по соответствующим координатным осям – этой информации достаточно механикам МНЛЗ, чтобы выполнить корректировку ее положения. В этом случае после выполнения каждого измерения вычисляются координаты данной точки (рис. 2.19 нижняя часть экрана), и исполнитель может принять решение, какие корректирующие воздействия необходимы для данной точки. Перед выполнением этого вида выноски необходимо выполнить привязку станции, т.е. определить координаты точки стояния. Для этого необходимо выполнить

измерения на 3 или более точки сети. О качестве привязки можно судить по ошибкам определения координат для точки стояния (***Документы→Результаты уравнивания→ Каталог координат***).

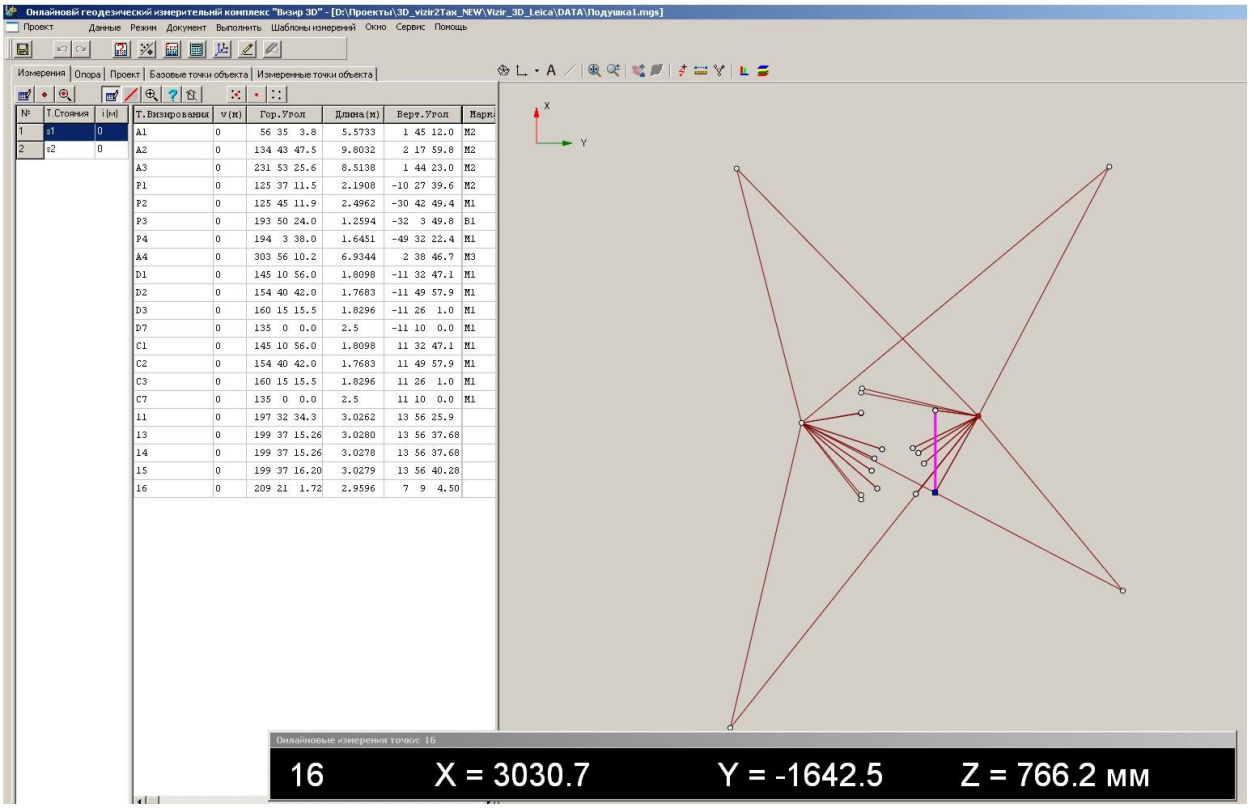


Рис. 2.19 Онлайновые геодезические измерения

Следует учитывать, что если точка является связующей в геодезической сети и на нее выполнялись измерения и с других точек стояния, то координаты полученные после уравнивания сети могут отличаться от онлайновых координат на некоторую величину, зависящую от общей точности измерений в сети.

3 База данных измерительных приборов

Измерение изделий может выполняться с помощью различных измерительных приспособлений, которые имеют различные параметры. Чтобы ускорить задание этих параметров для точки измерений, и избежать ошибок ручного ввода значений, в программе предусмотрена база данных измерительных приспособлений. В эту базу перед измерениями (или во время измерений) заносится информация по приспособлениям. Работа с этой базой осуществляется из раздела меню ***Сервис*** главного меню программы (рис. 3.1).

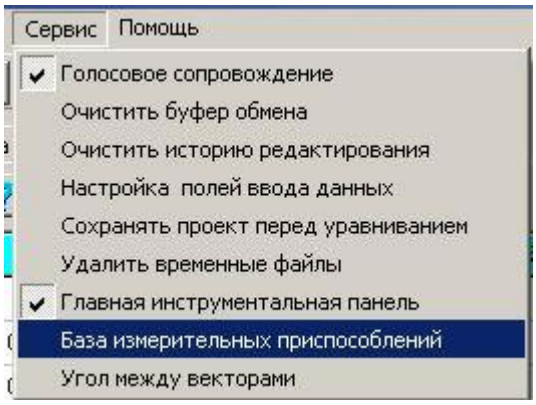


Рис. 4.1 Раздел меню ***Сервис***

После активизации пункта ***База измерительных приспособлений***, появляется форма (рис. 3.2), которая позволяет выбрать приспособление, изменить его параметры, добавить новое или удалить существующее.

Кнопка позволяет удалить из БД текущее приспособление.

Если в окне ввода списка устройств задать имя нового приспособления и его параметры, и описание – то с помощью кнопки можно сохранить в базе новое устройство. С помощью кнопки можно загрузить рисунок, показывающий внешний вид измерительной марки и поясняющий ее параметры.

Изображения измерительных марок желательно сохранять в папке ***D:\Проекты\3D_vizir\Data\Марки*** в формате **bmp.**

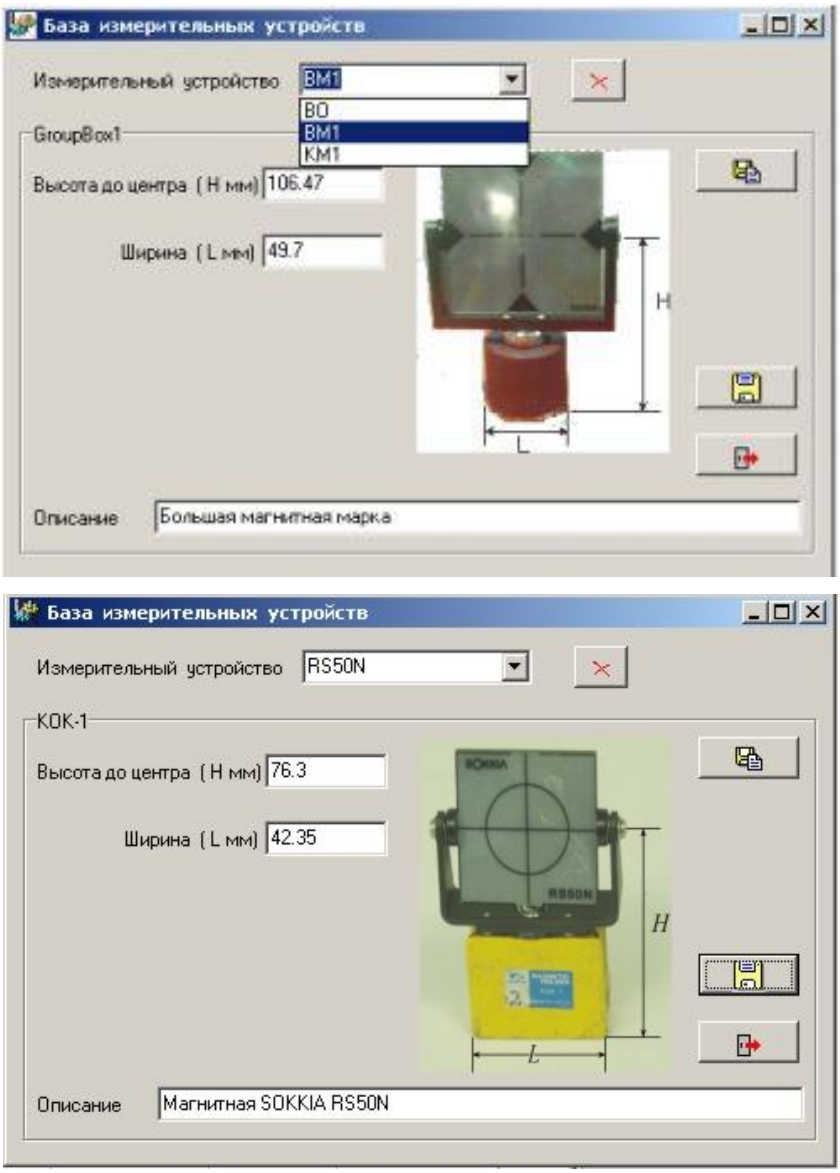


Рис. 3.2 Форма для работы с БД измерительных приспособлений

Использование базы данных измерительных приспособлений осуществляется при выполнении измерений. При измерении точки детали в поле ***Марка*** задается имя измерительного приспособления (рис. 3.3).

a1		82 33 17.5	19.6981	7 29 6.8	
a2	0	93 9 46.4	23.5442	3 8 55.4	BO
a3	0	96 7 2.8	23.9361	3 6 34.1	BO
b1	0	108 0 14.3	15.7660	2 58 1.3	BM1
b2	0	99 49 51.7	21.1594	2 26 34.2	KM1
19	0	206 18 22.30	2.7185	-10 52 14.66	BM2
					KOK-1
					RS50N
					RK30

Рис. 3.3 Задание имени измерительной марки

Имя измерительной марки можно задавать с клавиатуры, но лучше пользоваться выпадающим списком, как показано на рис. 3.3. Для этого необходимо при нажатой клавише ***Shift*** щелкнуть в колонке ***Марка*** и выбрать из списка нужную марку.

Внимание! ***Имя марки нужно задавать обязательно! Иначе высота марки не будет учтена при вычислениях. Если имя не задано, считается, что измерения выполнены в безотражательном режиме прямо на поверхность изделия.***

Кроме измерительных марок при работе измерительного комплекса могут использоваться измерительные вешки (рис. 3.4) различных размеров. При измерениях вешки устанавливаются вертикально с помощью уровня (круглого или цилиндрических). Уровни подбираются таким образом (рис. 3.4), чтобы обеспечить центрирование вешки с точностью 0,1 мм, перед измерениями вешки проверяются на экзаменаторе. Вешка центрируется на детали с помощью специальной призменной подставки или других приспособлений (рис. 3.5 и 3.6).

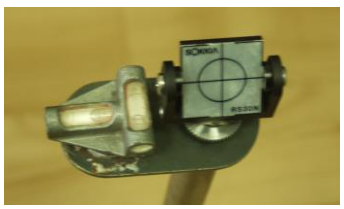


Рис. 3.4 Уровни на вешке (длина 0,5 м)

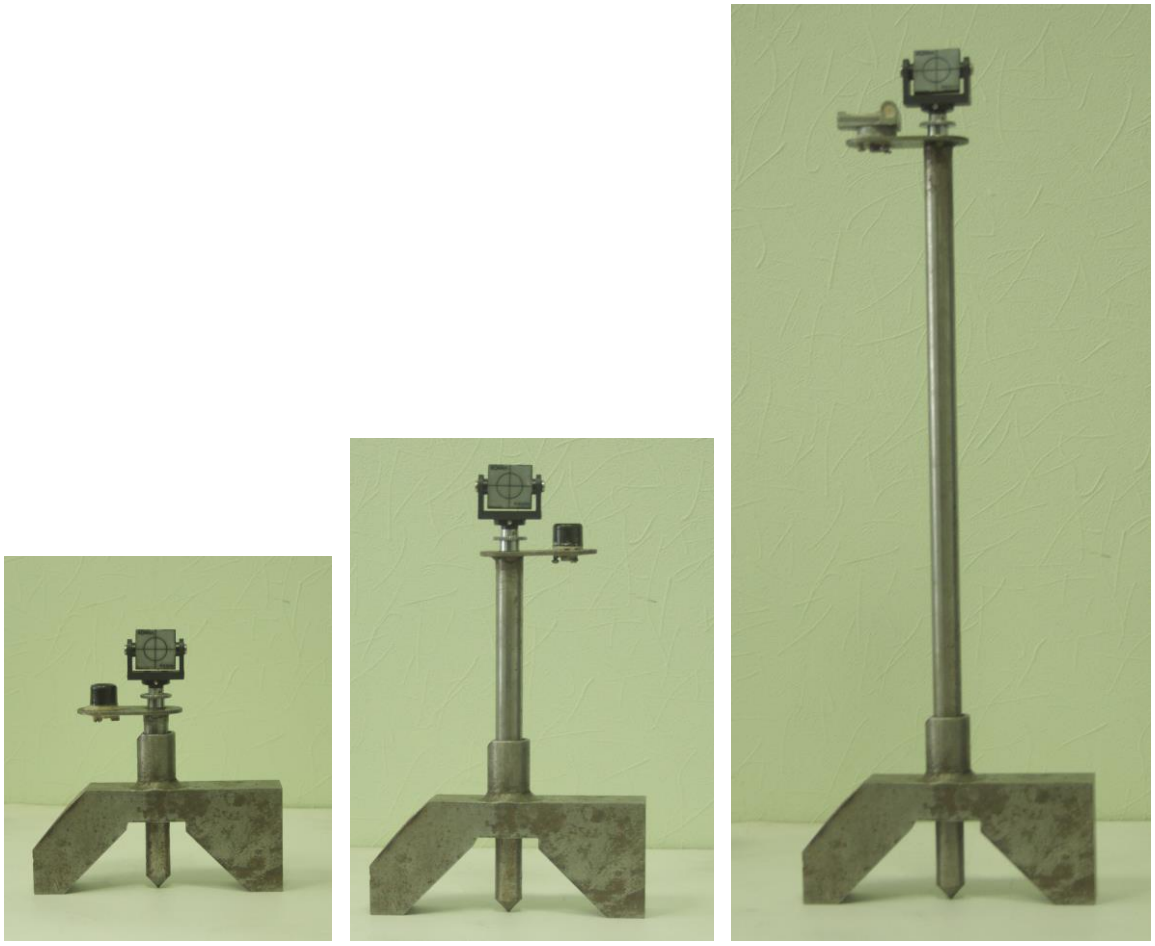


Рис. 3.5 Измерительные вешки и призменная подставка

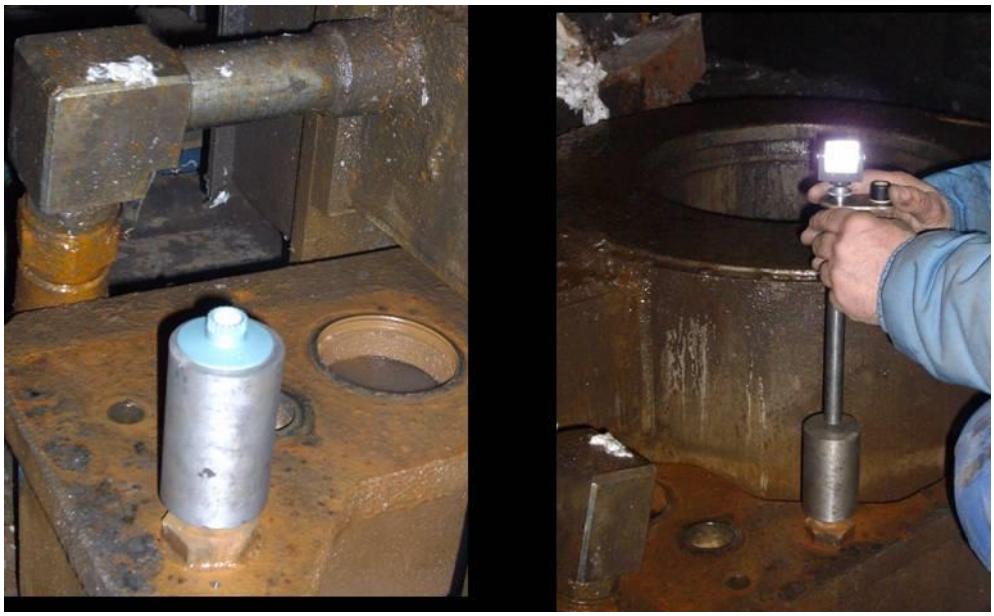


Рис. 3.6 Центрировочный стакан с накладным уровнем

Для облегчения ввода длины вешки используется база данных вешек, значения из которой выбираются и заносятся в поле таблицы измерений, если нажать клавишу ***Shift*** и щелкнуть левой кнопкой мыши на поле V (м) (рис. 3.7).

Т.Визирования	v(м)	Гор.Угол	Длина(м)	Верт.Угол	Мар
A1		334 20 17	10.4502	2 56 9	
A2		242 17 23	7.7158	2 31 42	M4
A3	0.1818	136 38 31	3.6581	2 4 9	
A4		Вешка h(м)	11.0884	1 22 55	
P1		Большая 0.537	6.2217	-3 37 33	BM1
P2		Средняя 0.2937	6.2434	-6 24 38	BM1
P3		Малая 0.1818	6.2937	-9 18 7	BM1
P4		Нет 0.0	5.4690	-4 38 33	BM1
P5		345 58 37	5.4864	-7 7 46	BM1

Рис. 3.7 Задание высоты вешки в таблице измерений

4 Переход в систему координат детали

Если на детали можно измерить точки, для которых на чертеже имеются базовые размеры, то можно выполнить переход от геодезической системы координат в систему координат изделия. Для этого необходимо измерить не менее трех базовых точек, которые не лежат на одной прямой, для которых известны координаты в системе координат изделия.

Для задания базовых точек на закладке ***Базовые точки объекта*** задается не менее трех точек с известными координатами (рис. 4.1).



Точка	X (мм)	Y (мм)	Z (мм)
P1	0	0	0
P3	2018.5	0.0	-270.8
Q3	1962.5	-1823.6	-381.9
Q1	-64.4	-1823.7	-92.7

Рис. 4.1 Форма для задания базовых точек детали

Точек может быть задано больше трех, и не все из них могут использоваться для перехода в систему координат детали. Для того, чтобы точка использовалась для нахождения параметров перехода в систему координат детали, ее необходимо выделить – дважды щелкнув по ней левой кнопкой мыши, при нажатой клавише ***Shift***. При этом строка с данной точкой будет выделена салатным цветом (рис. 4.1).

Если имеется сомнение в правильности измерений какой-либо точки – ее можно заморозить, для этого необходимо дважды щелкнув по ней левой кнопкой мыши, при нажатой клавише ***Ctrl***. При этом строка будет окрашена в розовый цвет, и точка не будет использоваться в вычислениях.

Для того, чтобы снять выделение с какой-либо точки – необходимо дважды щелкнув по ней левой кнопкой мыши. Фон строки станет белым – в этом случае точка будет использоваться как контрольная при переходе в систему координат детали. Если точка не выделена (цвет фона строки – белый) – то она используется как контрольная, для проверки правильности перехода в систему координат объекта.

Для перехода в систему координат детали необходимо нажать кнопку  главного инструментального меню программы. Если задано три и более базовых точек – то будет выполнен переход в систему координат детали. Если точек менее трех – то геодезические измерения будут пересчитаны в размерность чертежа.

Размерность чертежа и коэффициент температурного расширения задаются на вкладке Проект (рис. 4.2).

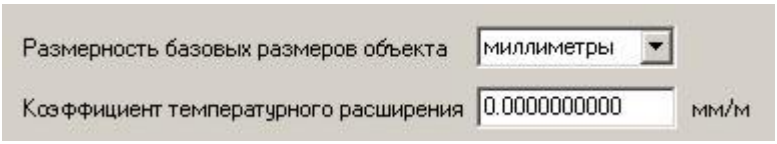


Рис. 4.2 Задание параметров перехода

По умолчанию при создании проекта размерность устанавливается в «миллиметры», а температурный коэффициент расширения 0.0. Если температура измерений сильно отличается от температуры базовых размеров (20° С) то необходимо ввести коэффициент температурного расширения с учетом разницы температур и вида материала изделия.

После пересчета координат – они отображаются в таблице на закладке ***Измеренные точки объекта***. Для базовых и контрольных точек будут показаны отклонения от теоретических размеров (размеров чертежа). Эти отклонения позволяют охарактеризовать точность измерения базовых и контрольных точек объекта (рис. 4.3).

Измерения | Опора | Проект | Базовые точки объекта | Измеренные точки объекта

Измеренные точки объекта

Точка	X (мм)	Y (мм)	Z (мм)	dx (мм)	dy (мм)	dz (мм)
P1	0.01	-0.01	-0.00	-0.01	0.01	0.00
P3	2018.47	-0.02	-270.80	0.03	0.02	-0.00
s1	1876.80	1057.84	397.77			
s2	1710.27	-3288.54	405.24			
A1	-2413.79	4610.87	568.09			
A2	-5787.03	-5042.04	791.30			
A3	7964.80	-4887.72	656.58			
P2	9.73	-0.29	-877.10			
P4	2022.58	0.27	-853.90			
A4	8008.92	4280.53	717.87			
D1	712.79	-279.79	35.51			
D2	971.62	-417.31	35.21			
D3	1091.85	-554.54	35.12			
D7	-34.99	-478.61	-86.39			
C1	712.79	-279.77	760.11			
C2	971.62	-417.29	760.41			
C3	1091.85	-554.52	760.52			
C7	-34.99	-478.58	882.01			
Q1	-64.38	-1823.67	-92.70	-0.02	-0.03	0.00
Q2	-170.51	-1823.25	-903.50			
Q3	1962.53	-1823.63	-381.90	-0.03	0.03	-0.00
Q4	1947.49	-1824.77	-855.20			
D4	1063.74	-1308.78	34.49			
D5	836.20	-1496.55	34.39			
D6	537.45	-1564.71	34.39			
D8	98.76	-1427.22	-28.91			
C4	1063.74	-1308.76	775.89			
C5	836.19	-1496.53	775.99			
C6	537.45	-1564.69	775.99			
C8	98.76	-1427.19	839.29			

Рис. 4.3 Закладка ***Измеренные точки объекта***

5 Определение геометрических параметров изделия

Проверка соответствия изготовленной детали чертежу может выполняться как в геодезической системе координат, так и в системе координат детали. При использовании геодезической системы координат очень важным моментом, является выбор точек, определяющих начало и направление координатных осей.

Сама проверка заключается в определении геометрических параметров отдельных элементов и правильности расположения одних элементов относительно других.

После перевычисления координат точек в систему координат изделия (или приведения к заданной размерности) на закладке ***Измеренные точки объекта*** становится доступным инструментальная панель (рис. 5.1), с помощью которой выполняются операции определения правильности отдельных геометрических элементов изделия и их взаимного положения.

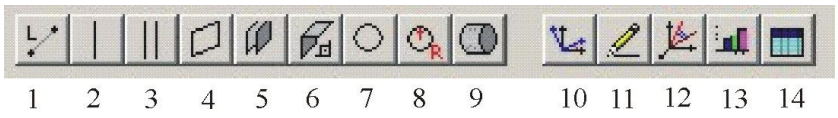


Рис. 5.1 Инструментальная панель

С помощью этих инструментов можно проверить прямолинейность объекта, параллельность прямых, плоскостность, параллельность плоскостей, перпендикулярность плоскостей, расположение точек на окружности и цилиндре. Последняя кнопка панели служит для передачи измеренных точек в САПР (AutoCAD), для совмещения с чертежом детали и определения отклонений.

При использовании этих инструментов из таблицы ***Измеренные точки объекта*** выбираются точки, которые относятся к одному или двум объектам. Выбор осуществляется щелчком мыши по строке с выбираемой точкой

(после того как был активизирован какой-либо инструмент панели). Список выбранных точек отображается в левой части статусной строки программы Выбраны: P1,P3,P2,P4 . Если необходимо отменить выбор последней точки – необходимо нажать кнопку ***Esc*** на клавиатуре. По окончании выбора нужно нажать кнопку ***Enter*** для продолжения.

При определении прямых и плоскостей, измерения необходимо производить марками различной высоты – в этом случае программно можно определить правильное положение объектов в пространстве.

При измерении параллельных прямых, или плоскостей, точки необходимо набирать симметрично для обоих объектов, в этом случае можно будет определить расстояния между соответствующими точками прямых или плоскостей.

5.1 Вычисление расстояний

Для вычисления расстояний между 2 и более точками необходимо активизировать инструмент 1 (рис. 5.1) и выбрать курсором в таблице точки. Ввод необходимо завершить нажатием ***Enter***. Результаты вычислений будут показаны в таблице:

*** * * * Измерительная система Визир 3D * * * ***

Деталь: Шаблон
Расстояние между точками

Нач.Точка / Кон.Точка	Xн, мм / Xк, мм / dX, мм	Yн, мм / Yк, мм / dY, мм	Zн, мм / Zк, мм / dZ, мм	Расстояние L, мм
1	0.00	0.00	0.00	
2	246.87	-4.11	48.20	
	-246.87	4.11	-48.20	251.56
2	246.87	-4.11	48.20	
3	516.79	-6.49	93.30	
	-269.92	2.38	-45.10	273.67
3	516.79	-6.49	93.30	
4	792.60	-11.26	131.00	
	-275.81	4.77	-37.70	278.42

Исполнитель: Лунев А.А.

Дата : 28.01.2013

5.2 Определение прямолинейности

Для определения прямолинейности объекта активизируют инструмент , (2 рис. 5.1) после этого на экране появится на 2 секунды приглашение: «Выберите точки объекта». После этого щелчком левой кнопки мыши выбираются нужные точки (не менее 3-х). Выбор завершается нажатием клавиши ***Enter***. После этого программа выполнит вычисления и в специальном окне покажет результаты вычислений (рис. 5.2).

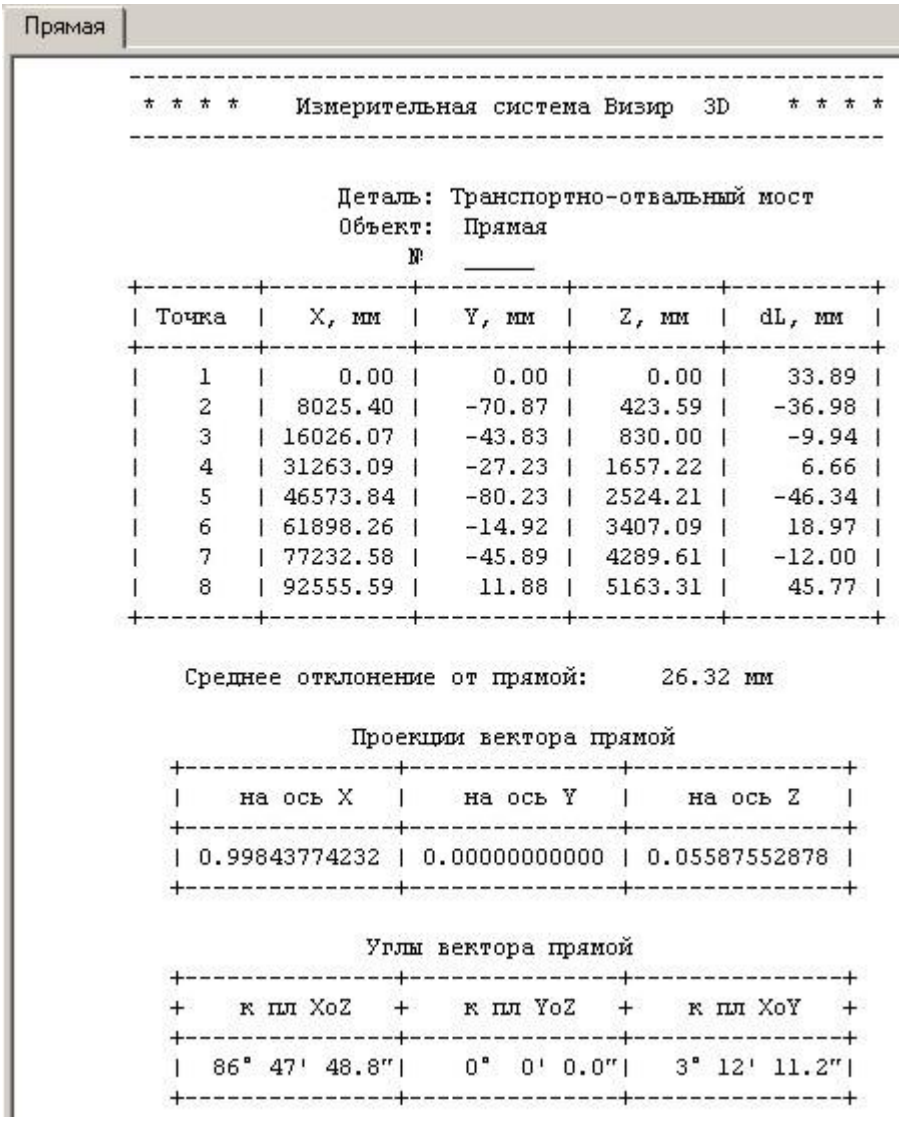
В выходной таблице приведены координаты измеренных на данной прямой точек и отклонения данных точек от оптимальной прямой (dL). Координаты могут быть как в геодезической системе, так и в системе координат данного изделия.

Далее приводится обобщенный показатель – среднее отклонение от прямой.

Ниже приводится, в двух таблицах, значение единичного вектора прямой. В первой таблице приводятся проекции вектора на координатные оси. Если нужно получить отклонения вектора нормали от координатных осей в размерности ***мм/м*** необходимо эти проекции умножить на 1000.

Вторая таблица содержит отклонения вектора прямой от координатных осей в угловой мере: градусы, минуты, секунды.

Ведомость для данного объекта можно распечатать на принтере, если нажать кнопку , при этом появится стандартный диалог печати документа.



Прямая

---

* * * * Измерительная система Визир 3D * * * *

Деталь: Транспортно-отвальный мост
Объект: Прямая
№ _____

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dL, мм
1	0.00	0.00	0.00	33.89
2	8025.40	-70.87	423.59	-36.98
3	16026.07	-43.83	830.00	-9.94
4	31263.09	-27.23	1657.22	6.66
5	46573.84	-80.23	2524.21	-46.34
6	61898.26	-14.92	3407.09	18.97
7	77232.58	-45.89	4289.61	-12.00
8	92555.59	11.88	5163.31	45.77

Среднее отклонение от прямой: 26.32 мм

Проекции вектора прямой

на ось X	на ось Y	на ось Z
0.99843774232	0.00000000000	0.05587552878

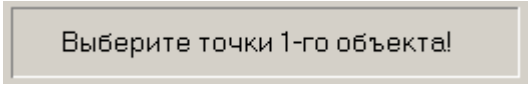
Углы вектора прямой

к пл XoZ	к пл YoZ	к пл XoY
86° 47' 48.8"	0° 0' 0.0"	3° 12' 11.2"

Рис. 5.2 Результаты определения прямолинейности

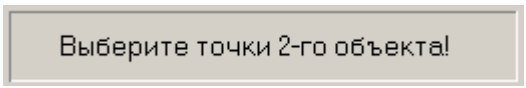
5.3 Определение параллельности прямых линий

Для определения параллельности прямых линий необходимо активизировать инструмент ||, при этом появится приглашение:



После этого, как и для прямой линии, щелчком мыши задаются точки для первой прямой. Список точек отображается в статусной строке

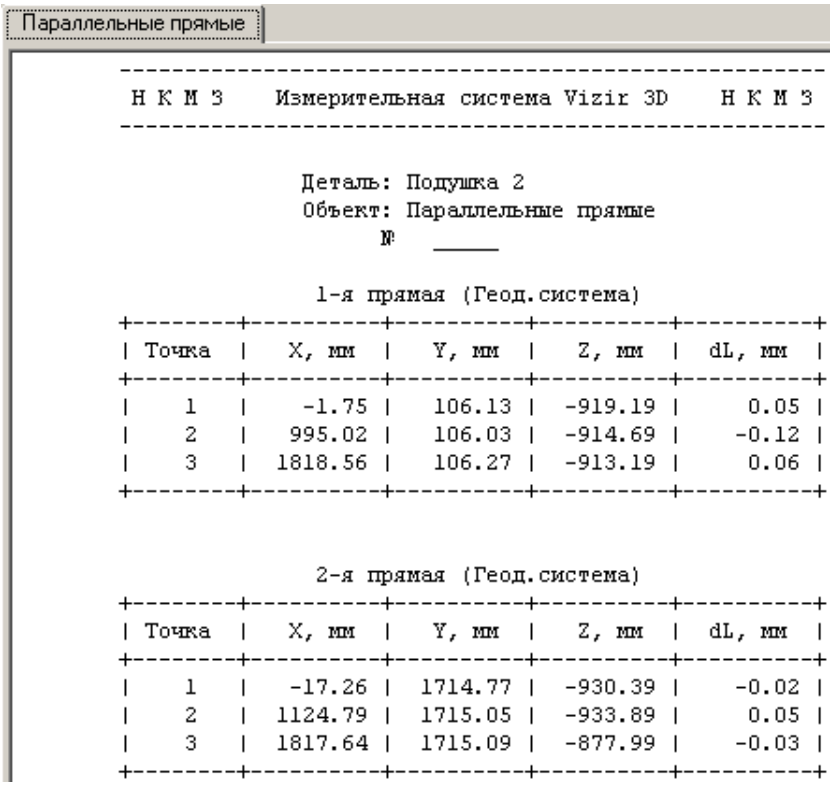
программы. После задания первой прямой необходимо нажать клавишу ***Enter*** на клавиатуре, появится приглашение:



После выбора точек второй прямой, опять необходимо нажать ***Enter***. После этого будут выполнены расчеты и показана ведомость вычислений (рис. 5.3) прямых в геодезической системе координат. Далее следуют 2 таблицы с координатами этих же точек в системе координат первой прямой (рис. 5.4). Эта информация может быть полезной для оценки расстояний между прямыми в местах измерений (если эти места симметричны для 1-й и 2-й прямой).

Затем приводится обобщающая информация по средним отклонениям от прямых и о среднем расстоянии между прямыми.

Далее идет информация о векторах 1-й и 2-й прямой в геодезической системе координат.



Параллельные прямые

Н К М З Измерительная система Vizir 3D Н К М З

Деталь: Подушка 2
Объект: Параллельные прямые
№ _____

1-я прямая (Геод.система)

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dL, мм
1	-1.75	106.13	-919.19	0.05
2	995.02	106.03	-914.69	-0.12
3	1818.56	106.27	-913.19	0.06

2-я прямая (Геод.система)

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dL, мм
1	-17.26	1714.77	-930.39	-0.02
2	1124.79	1715.05	-933.89	0.05
3	1817.64	1715.09	-877.99	-0.03

Рис. 5.3 Прямые линии в геодезической системе координат

1-я прямая (Система пр. 1)

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dL, мм
1	-939.03	0.37	0.05	0.05
2	57.75	-0.81	-0.12	-0.12
3	881.29	0.44	0.06	0.06

2-я прямая (Система пр. 1))

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dL, мм
1	-954.47	11.51	1608.69	-0.02
2	187.56	18.83	1608.89	0.05
3	880.60	-34.76	1608.88	-0.03

Среднее отклонение от 1-й прямой: 0.08 мм
Среднее отклонение от 2-й прямой: 0.04 мм
Среднее расстояние между прямыми: 1608.82 мм

Рис. 5.4 Координаты в системе координат 1-й прямой

5.4 Определение плоскостности

Для определения плоскостности какой либо поверхности изделия, необходимо измерить 4 и более точек на данной поверхности. Выбор точек осуществляется, как и для прямой (п. 5.2), ведомость вычислений приведена на рис. 5.5.

Н К М З Измерительная система Vizir 3D Н К М З

Деталь: Подушка 2
Объект: Плоскость
№ _____

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dL, мм
1	-0.00	106.47	-295.44	0.07
2	1849.56	106.47	-266.34	0.03
3	4.90	106.32	-599.04	0.05
4	-1.74	106.13	-919.24	0.00
5	764.15	106.25	-344.64	-0.14
6	771.30	106.30	-582.84	0.01
7	995.03	106.03	-914.74	-0.12
8	1832.51	106.29	-587.54	-0.01
9	1818.57	106.27	-913.24	0.11

Среднее отклонение от плоскости: 0.06 мм

Проекции вектора нормали

на ось X	на ось Y	на ось Z
-0.00001835200	0.99999990776	-0.00042912688

Углы вектора нормали

к пл XoZ	к пл YoZ	к пл XoY
-0° 0' 3.8"	89° 58' 31.4"	-0° 1' 28.5"

Рис. 5.5 Ведомость определения плоскостности

5.5 Определение параллельности плоскостей

Для определения параллельности плоскостей необходимо активизировать инструмент , затем задать точки, измеренные на одной плоскости, потом на второй. Результаты вычислений похожи на определение параллельности прямых (п. 5.3). Вычисляется угол между плоскостями.

5.6 Определение перпендикулярности плоскостей

Плоскости задаются как в п. 5.5. отличием является то, что не приводятся координаты в системе плоскости № 1.

5.7 Определение действительного радиуса окружности

Для определения действительного радиуса окружности необходимо активизировать инструмент , измерить не менее 4-х точек, расположенных приблизительно как показано на рис. 6.6. После нажатия клавиши ***Enter*** появится диалог (рис. 6.6) в котором необходимо выбрать вариант измерения окружности маркой. Марка устанавливается снаружи (для валов и т.д) или внутри (для отверстий).

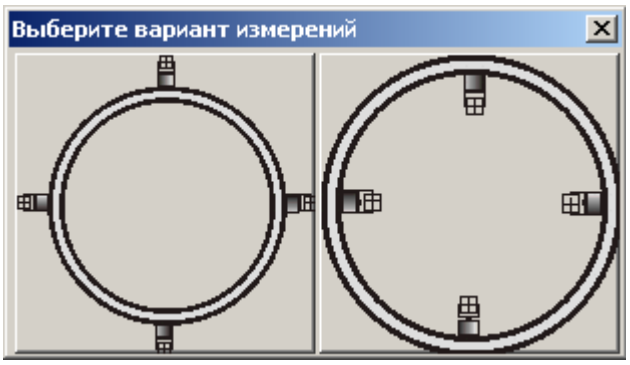
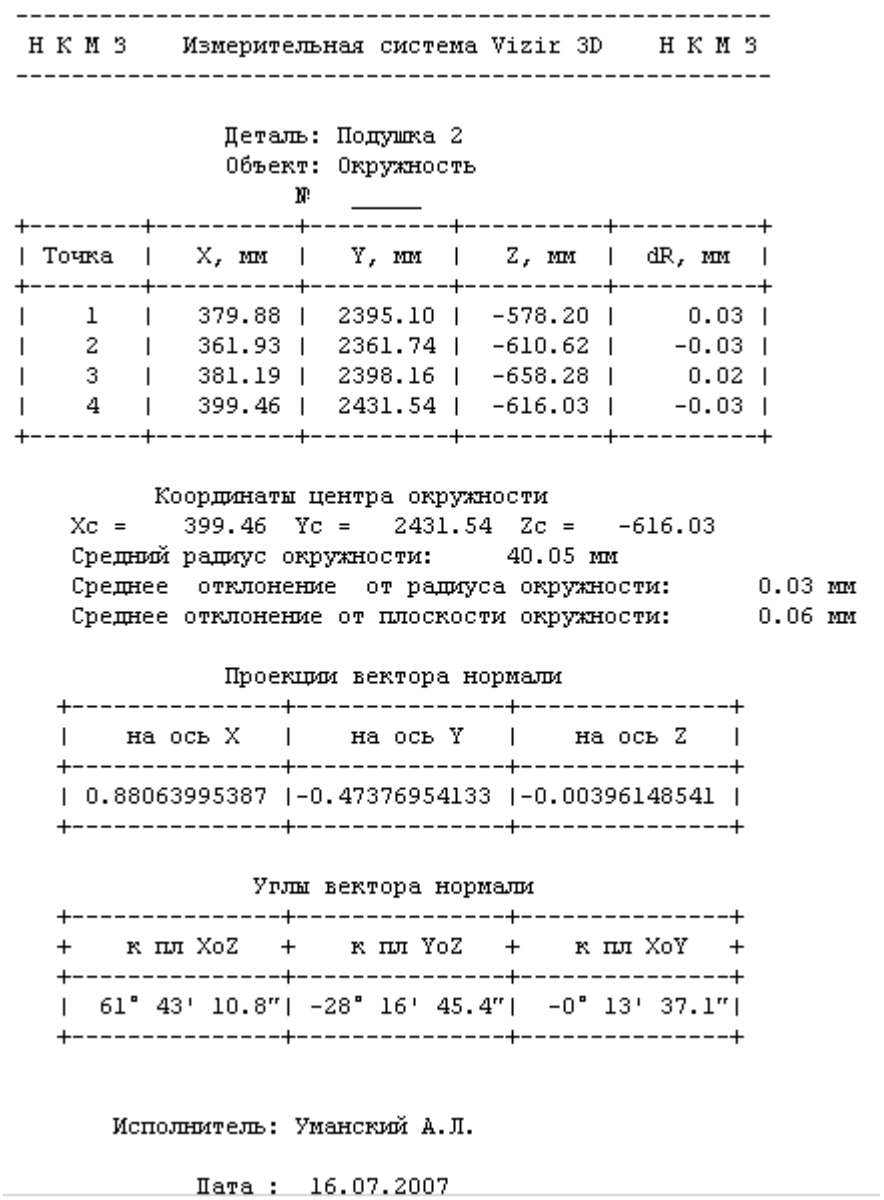


Рис. 5.6 Диалог выбора варианта измерений

В таблице координат точек (рис. 5.7) параметр dR характеризует отклонение точки измерений от радиуса окружности.



```
-----------------------------------------------------
 Н К М З    Измерительная система Vizir 3D    Н К М З
-----------------------------------------------------

              Деталь: Подушка 2
              Объект: Окружность
                   №  _____
+--------+----------+----------+----------+----------+
| Точка  |   X, мм  |   Y, мм  |   Z, мм  |  dR, мм  |
+--------+----------+----------+----------+----------+
|    1   |   379.88 |  2395.10 |  -578.20 |     0.03 |
|    2   |   361.93 |  2361.74 |  -610.62 |    -0.03 |
|    3   |   381.19 |  2398.16 |  -658.28 |     0.02 |
|    4   |   399.46 |  2431.54 |  -616.03 |    -0.03 |
+--------+----------+----------+----------+----------+

        Координаты центра окружности
    Xc =    399.46  Yc =   2431.54  Zc =   -616.03
    Средний радиус окружности:     40.05 мм
    Среднее  отклонение  от радиуса окружности:      0.03 мм
    Среднее отклонение от плоскости окружности:      0.06 мм

             Проекции вектора нормали
   +--------------+--------------+--------------+
   |    на ось X  |    на ось Y  |    на ось Z  |
   +--------------+--------------+--------------+
   | 0.88063995387 |-0.47376954133 |-0.00396148541 |
   +--------------+--------------+--------------+

              Углы вектора нормали
   +--------------+--------------+--------------+
   +    к пл XoZ  +    к пл YoZ  +    к пл XoY  +
   +--------------+--------------+--------------+
   |  61° 43' 10.8"| -28° 16' 45.4"|  -0° 13' 37.1"|
   +--------------+--------------+--------------+


      Исполнитель: Уманский А.Л.

           Дата :  16.07.2007
```

Рис. 5.7 Ведомость для окружности

Измерительные марки желательно располагать в одной плоскости, например по краю вала или отверстия, в таком случае будет небольшое среднее отклонение от плоскости окружности и точнее будет определен вектор нормали.

5.8 Определение параметров окружности для заданного радиуса

Иногда требуется определить отклонение измеренной окружностиот некоторого заданного радиуса. Это требуется для оценки точности радиусов шаблонов – если определять их по общей методике п. 5.7 то даже небольшие отклонения точек (0.1 мм) могут привести к значительному изменению радиуса.

Для использования этого алгоритма активизируется инструмент 8 (рис. 5.1), после чего появляется диалоговое окно (рис. 5.8) в котором можно задать или подтвердить использование значений по умолчанию, которые хранятся в файле настроек системы.



Рис. 5.8 Диалог задания параметров

Дальнейшие действия такие же как и в п.5.7. Результирующая таблица для этого варианта расчета приведена в таблице.

```
-------------------------------------------------------
 * * * *    Измерительная система Визир  3D   * * * *
-------------------------------------------------------

                Деталь: МНЛЗ 6 шаблоны
                Объект: Окружность
                     №
+--------+----------+----------+----------+----------+
| Точка  |   X, мм  |   Y, мм  |   Z, мм  |  dR, мм  |
+--------+----------+----------+----------+----------+
|   1    |    0.000 |   -0.000 |    0.000 |    -0.64 |
|   2    |  246.870 |   -4.110 |   48.200 |     0.02 |
|   3    |  516.790 |   -6.490 |   93.300 |     0.25 |
|   4    |  792.600 |  -11.260 |  131.000 |     0.25 |
|   5    | 1065.400 |  -14.030 |  160.700 |     0.11 |
|   6    | 1339.580 |  -16.900 |  183.100 |     0.18 |
|   7    | 1638.860 |  -17.330 |  199.100 |     0.15 |
|   8    | 2066.870 |  -16.670 |  206.200 |    -0.13 |
|   9    | 2373.900 |  -16.550 |  200.500 |     0.26 |
|  10    | 2676.400 |  -10.500 |  185.500 |    -0.18 |
|  11    | 3039.020 |   -3.720 |  155.600 |    -0.36 |
|  12    | 3372.030 |   -0.000 |  116.600 |     0.08 |
+--------+----------+----------+----------+----------+

        Координаты центра окружности
   Xc =  2022.446  Yc =  1249.420  Zc = -9733.254
  Заданный радиус окружности: 10010.000 мм
   Высота  измерительного  приспособления:     10.00 мм
   Среднее  отклонение  от радиуса окружности:     0.219 мм
   Среднее отклонение от плоскости окружности:     0.961 мм
```

5.8 Определение параметров цилиндра

Определение параметров цилиндра во многом схоже с определением действительного радиуса окружности. Однако задание точек измерений состоит из двух этапов. Первый этап начинается с нажатия кнопки , после этого необходимо задать не менее 3-х точек для опорной окружности как описано в п.6.6. Затем, после нажатия клавиши ***Enter*** в произвольном порядке измеряются точки на поверхности цилиндра (не менее 3-х), после чего опять нажимается клавиша ***Enter*** и выполняются вычисления (рис. 5.9).

```
-----------------------------------------------------
 * * * *    Измерительная система Визир  3D    * * * *
-----------------------------------------------------

              Деталь: Шток
              Объект: Цилиндр
                   №   _____
+--------+----------+----------+----------+----------+
| Точка  |   X, мм  |   Y, мм  |   Z, мм  |  dR, мм  |
+--------+----------+----------+----------+----------+
|   R1   |   376.23 |    37.23 |   464.64 |    -0.05 |
|   R2   |   173.61 |   -15.75 |   461.24 |     0.23 |
|   R3   |   -34.16 |    58.66 |   448.94 |    -0.26 |
|   R4   |  -178.14 |   317.63 |   439.34 |     0.13 |
|   R5   |  -161.60 |   471.11 |  -327.56 |    -0.15 |
|   R6   |  -148.18 |   197.50 |  -331.56 |     0.27 |
|   R7   |    35.04 |    17.46 |  -341.06 |    -0.20 |
|   R8   |   370.33 |    36.39 |  -354.46 |     0.03 |
+--------+----------+----------+----------+----------+

        Координаты центра цилиндра
   Xc =    186.59  Yc =    350.30  Zc =    450.95
   Средний радиус цилиндра:    366.03 мм
   Среднее  отклонение  от цилиндра по радиусу:      0.17 мм

              Вектор нормали оси цилиндра
+---------------+---------------+---------------+
|    на ось X   |    на ось Y   |    на ось Z   |
+---------------+---------------+---------------+
| 0.00309959868 |-0.00154485767 | 0.99999400293 |
+---------------+---------------+---------------+

              Углы вектора нормали
+---------------+---------------+---------------+
+    к пл XoZ   +    к пл YoZ   +    к пл XoY   +
+---------------+---------------+---------------+
|   0° 10' 39.3"|  -0°  5' 18.6"|   89° 48' 5.7"|
+---------------+---------------+---------------+


      Исполнитель: Уманский А.Л.
```

Рис. 5.9 Определение параметров цилиндра

5.9 Общая методика определения расположения деталей

На практике может возникнуть необходимость анализа расположения различных объектов друг относительно друга: прямой и плоскости, двух произвольных плоскостей, соосности, параллельности и перпендикулярности нескольких валов или цилиндров и т.д. Комбинаций может быть множество. Кроме того, на изделии не всегда можно измерить базовые точки для перехода в систему координат данного изделия. Т.е. изделие может находиться под некоторыми углами относительно геодезической системы координат. В этом случае необходимо анализировать положение прямых и/или нормалей 2–х или более объектов. Скалярное произведение векторов нормалей (или прямых) двух объектов даст действительные углы между этими объектами. Последовательное применение этого правила к группе объектов позволит охарактеризовать их расположение относительно какого-то начального объекта или друг относительно друга.

Для вычисления скалярного произведения векторов в программном комплексе имеется инструмент ***Угол между векторами*** в меню ***Сервис*** , который дублируется быстрой кнопкой  инструментального меню закладки ***Измеренные точки объекта***. Пример вычисления угла между векторами показан на рис. 5.10

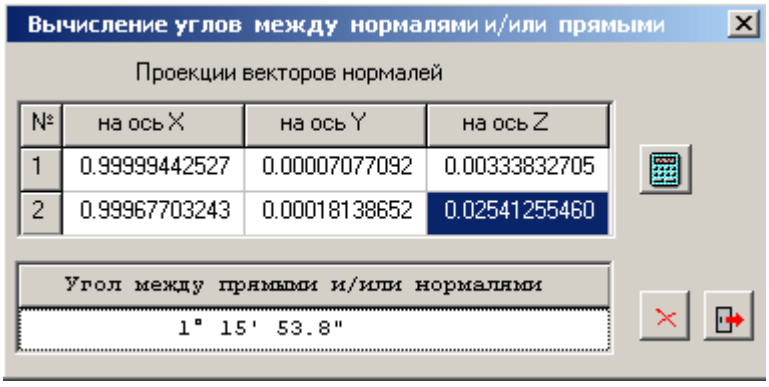


Рис. 5.10 Форма для вычисления углов между векторами

6 Создание опорной сети

Если на изделии контролируется элемент или элементы, которые можно измерить с одной точки стояния – то создание опорной сети не требуется. Такой вариант измерений возникает, когда измеряется одна плоскость, или две взаимно перпендикулярные плоскости, окружность или цилиндр и т.д.

В общем случае для измерения крупногабаритного изделия необходимо создавать временную геодезическую сеть, которая сохраняет свое положение во время измерения данного изделия. Сеть состоит из 4-х или более точек, которые закрепляются вокруг изделия на расстоянии 5–10 метров. Кроме этого на самом изделии располагаются 3–4 измерительных марки, которые не меняют своего положения во время измерений. Примерная схема расположения точек геодезической сети показана на рис. 6.1

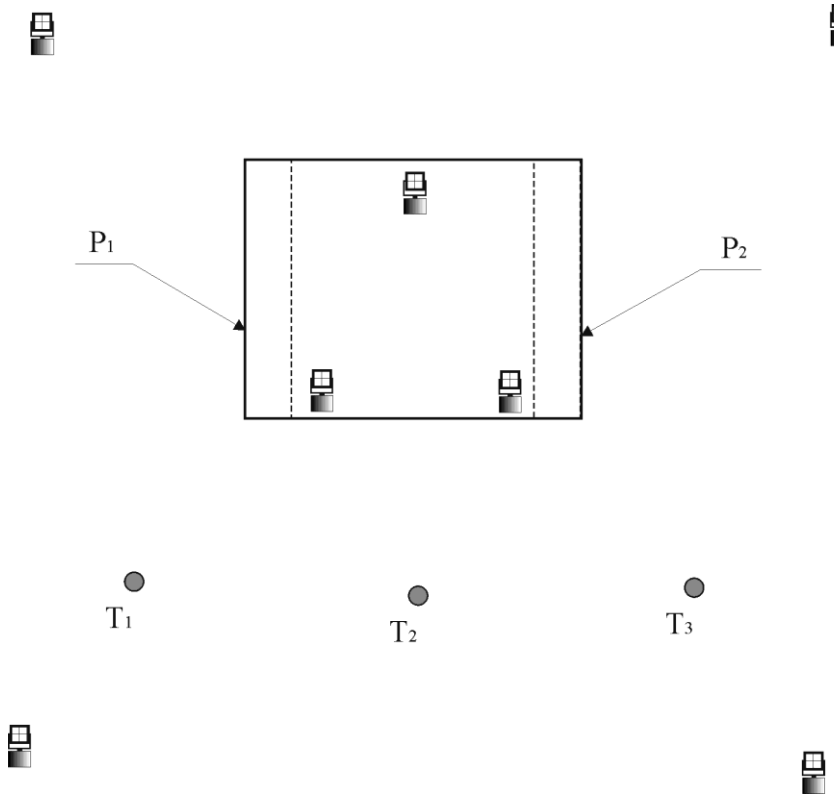


Рис. 6.1 Схема расположения точек (в плане)

В данном случае 3 опорные геодезические точки располагаются на верхней поверхности изделия таким образом, чтобы их было видно со всех точек стояния электронного тахеометра. Для измерения параллельных плоскостей P_1 и P_2 используются точки стояния T_1 и T_3, а для измерения цилиндра точка T_2.

Если на верхней поверхности нельзя расположить опорные точки (нет видимости со всех точек стояния) то можно размещать опорные точки на боковых поверхностях изделия, как показано на рис 6.2.

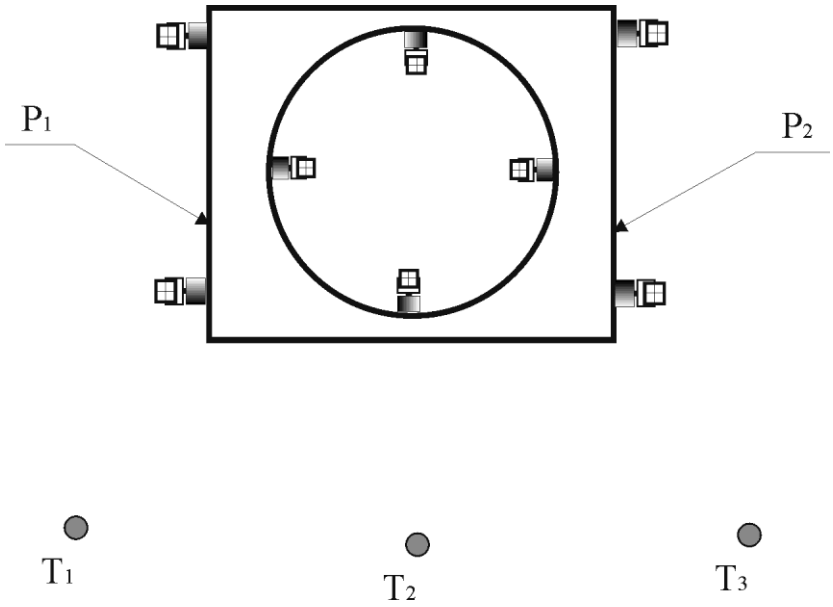


Рис. 6.2 Расположение точек на изделии (вид сбоку)

Опорные точки следует располагать таким образом, чтобы лазерный луч тахеометра падал на отражающую поверхность опорной точки под углом не более 30 градусов. В противном случае на экране компьютера во время измерений может появиться сообщение «Плохой уровень сигнала!». Если марка с поворотной отражающей пластиной – то необходимо развернуть пластину, таким образом, чтобы лазерный луч падал на нее под углом близким к 90 градусам. Если марка не имеет поворотной пластины – то выполнять измерения на данную точку нельзя!

Внимание! ***Во всех случаях, когда измерения производятся с нескольких точек стояния электронного тахеометра, необходимо выполнять привязку каждой станции, как к внешним опорным точкам, так и к внутренним, расположенным на самом изделии.***

Перед началом измерений необходимо расположить опорные точки таким образом, чтобы они были видны со всех предполагаемых точек стояния электронного тахеометра.

7 Работа с двумя тахеометрами

Режим работы одновременно с двумя тахеометрами основан на идее применения линейно-угловой засечки (рис. 7.1), использование которой на близких расстояниях позволяет добиться очень высокой точности измерений до 0,05-0,1 мм. При этом выполняется полный контроль измерений – определяются фактические и допустимые отклонения каждого измерения и исполнитель может принять решение о их точности.

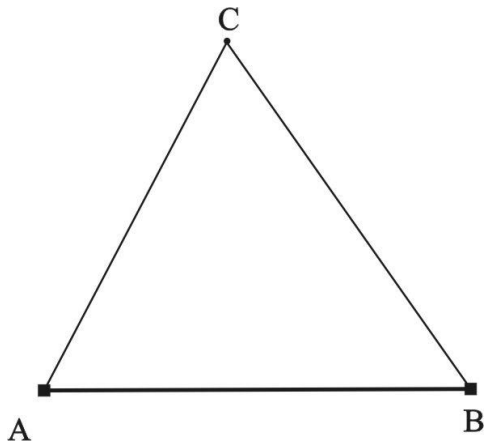


Рис. 7.1 Схема измерения двумя тахеометрами

На точках ***A*** и ***B*** устанавливаются электронные тахеометры, а на точке ***C*** визирная марка.

7.1 Установка радиосвязи с тахеометрами

Для установки радиосвязи используется программа ***BlueSoleil*** (рис. 7.2) , подключение производится как описано в разделе 1.2 Следует помнить, что для точки стояния ***A*** назначается порт COM6, а для точки ***B*** COM5. В режиме работы одиночного тахеометра используется порт COM5 и тахеометр расположенный на точке ***B***. По требованию заказчика тахеометрам могут быть назначены другие номера портов.

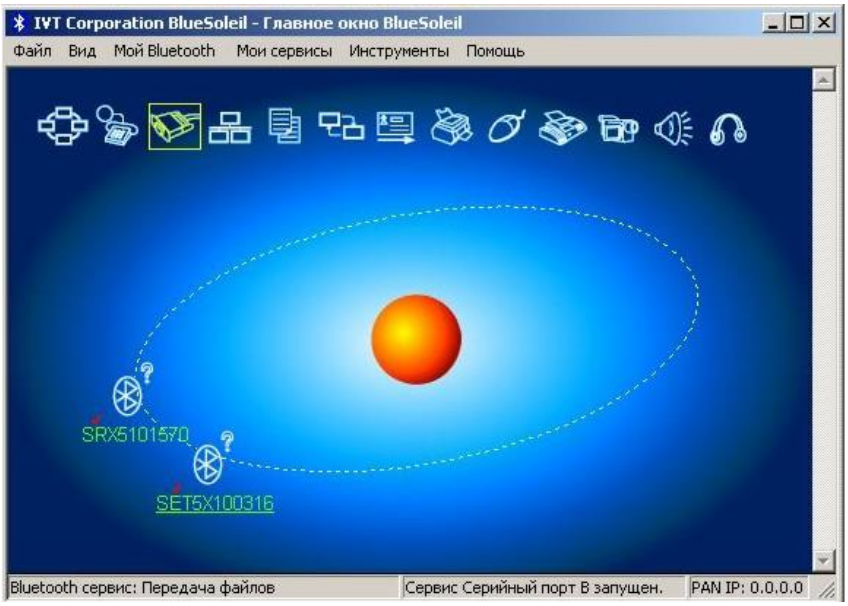


Рис. 7.2 Установка радиосвязи с двумя тахеометрами

7.2 Проект для работы с двумя тахеометрами

Одиночный тахеометр (тахеометр станции ***A***) задается при создании нового проекта п. 1.5 (стр 12), для задания тахеометра для станции ***B*** необходимо открыть закладку ***Проект*** и выбрать из списка тахеометр для станции ***B*** (рис. 7.3).

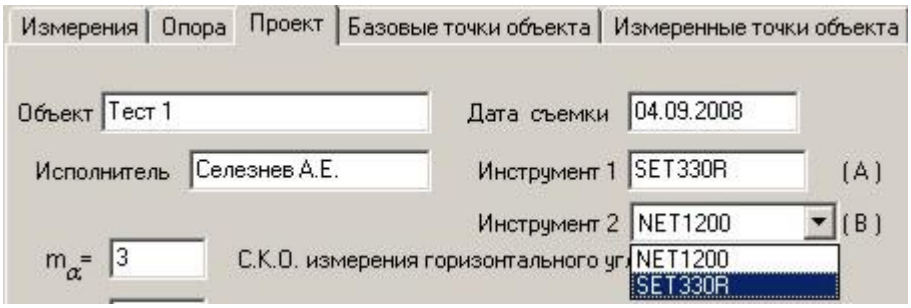


Рис. 7.3 Задание тахеометра для станции ***B***

Только после того, как задан тахеометр для станции ***B,*** в меню ***Режим*** главного меню программы станут доступны пункты меню (рис. 7.4) ***2 тахеометра синхронный*** и ***2 тахеометра асинхронный***.

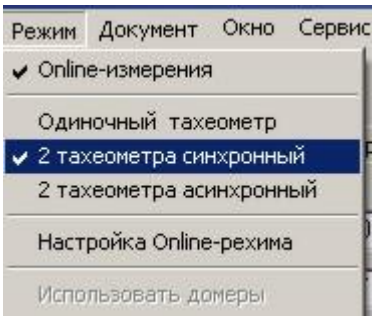


Рис. 7.4 Меню ***Режим***

7.3 Синхронный режим работы двумя тахеометрами

Синхронный режим работы двух тахеометров означает, что наведение на измеряемую точку и сами измерения производятся одновременно – это позволяет не только повысить точность измерений, но и получать оценку точности измерений в режиме реального времени.

Для работы в этом режиме необходимо определить какая точка сети будет станцией ***A*** и какая станцией ***B***.

Для определения точек стояния тахеометров необходимо перейти в таблицу станций, сделать нужную станцию текущей и нажать F1, а затем сделать текущей станцию ***B*** (рис. 7.5).

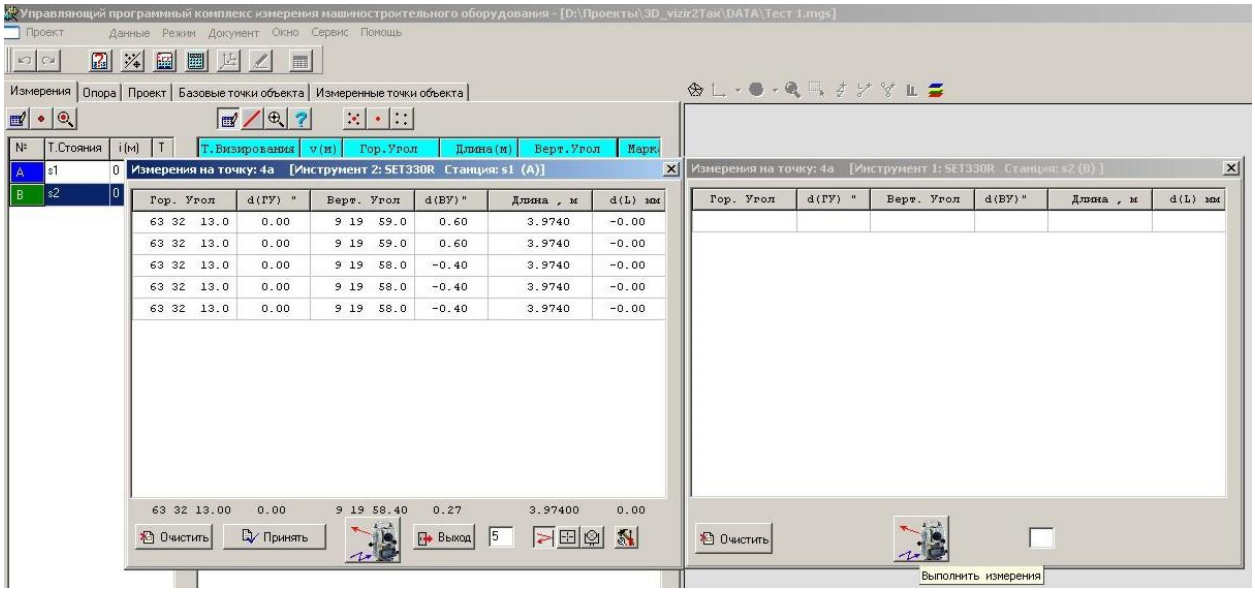


Рис. 7.5 Online-измерения двумя тахеометрами

Задание точки для измерений осуществляется, как и при измерении одиночным тахеометром, двойным щелчком мыши на соответствующей строке таблицы измерений для текущей станции (***B***).

После появления специальных форм измерений для тахеометров ***A*** и ***B*** (рис. 7.5) можно приступать к измерениям. Начинать измерения можно любым тахеометром (***A*** или ***B***), который первым будет наведен на измеряемую точку. Не желательно одновременно посылать команду на измерения двум тахеометрам – это увеличивает вероятность возникновения помех.

После измерения одним тахеометром (рис. 7.5) выполняют измерения вторым тахеометром (рис. 7.6).

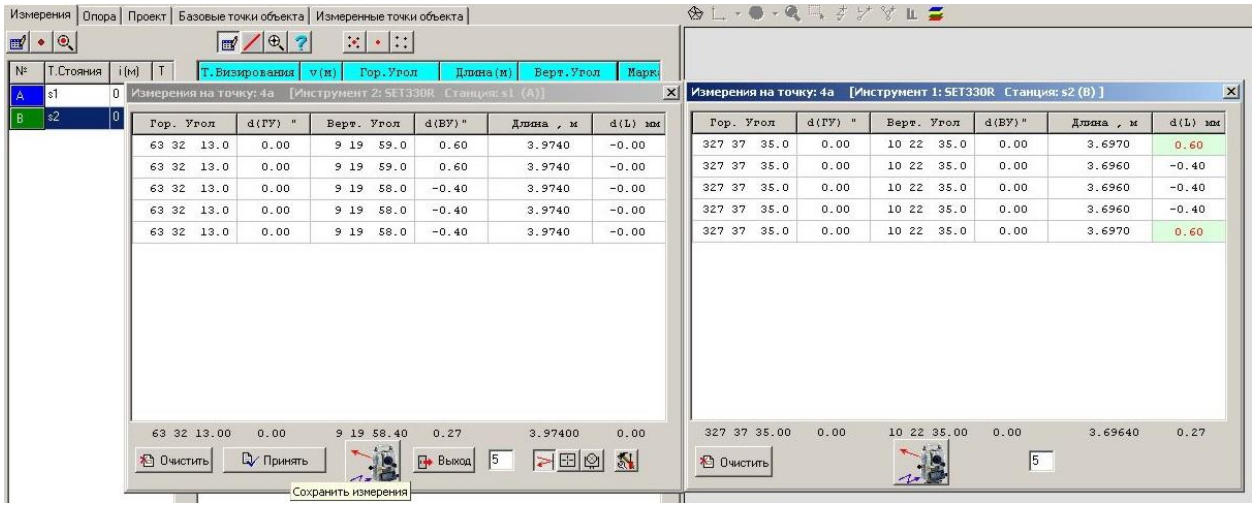


Рис. 7.6 Измерение вторым тахеометром

Если измерения не имеют большого разброса значений то можно выполнить команду ***Принять*** , после чего появится окно с оценкой точности измерений для данной точки (рис. 7.7). Если фактические ошибки измерений будут больше допустимых, то они будут выделены розовым фоном, как это показано на рис. 7.7.

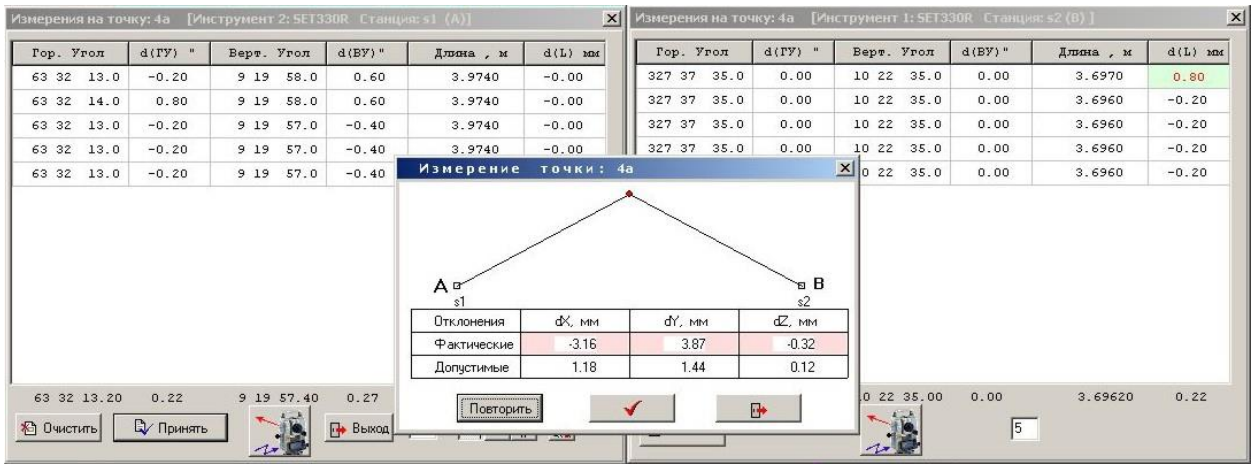


Рис. 7.7 Оценка точности измерений двумя тахеометрами

Форма оценки точности имеет три кнопки:

Повторить – при нажатии этой кнопки происходит очистка таблиц измерений для точек ***A*** и ***B***;

Принять – при нажатии этой кнопки средние значения вертикального и горизонтального углов и наклонной длины заносятся в таблицы измерений соответствующих станций;

Выход – таблицы измерений очищаются и формы закрываются, записи данных не происходит.

Имя точки измерений задается при двойном нажатии левой клавиши мыши на строке в таблице измерений для текущей станции (**B**).

При некорректных измерениях на какой то точке, эти измерения можно удалить, выполнив команду ***Очистить*** для этой станции, а затем можно выполнить повторные измерения только для этой станции.

7.4 Асинхронный режим работы двумя тахеометрами

Программный комплекс ***«Визир 3D»*** может работать с двумя тахеометрами в асинхронном режиме, т.е. с каждым в отдельности. Такой режим работы может понадобиться если привязка станций ***A*** и ***B***

осуществляется по разным точкам. Для перехода в этот режим измерений необходимо выбрать в меню ***Режим*** пункт ***2 тахеометра асинхронный*** (рис. 7.4).

После этого необходимо назначить станции стояния ***A*** и ***B***. Станция ***A*** назначается для текущей сточки стояния нажатием функциональной клавиши F1, а станция ***B*** - нажатием F2 (рис. 7.8).

Задание имени точки для измерений задается двойным щелчком по строке с именем точки (точка 23 станция ***B***) для текущей станции.

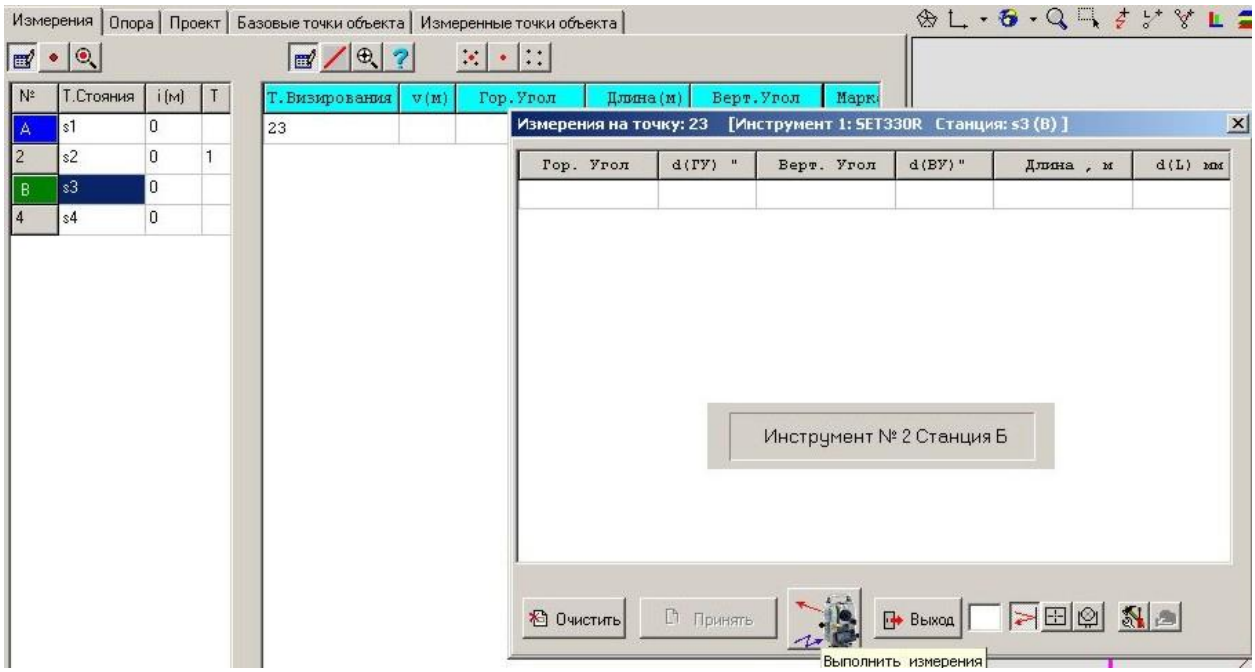


Рис. 7.8 Измерение точек в асинхронном режиме

Перед началом измерений появляется информационное окно (рис. 7.8) в котором показано, каким инструментом и для какой станции производятся измерения, если включена голосовая поддержка – то эта информация будет произнесена голосом.

Процесс измерений и сохранение результатов – такой же как и в режиме работы с одиночным тахеометром (рис. 7.9).

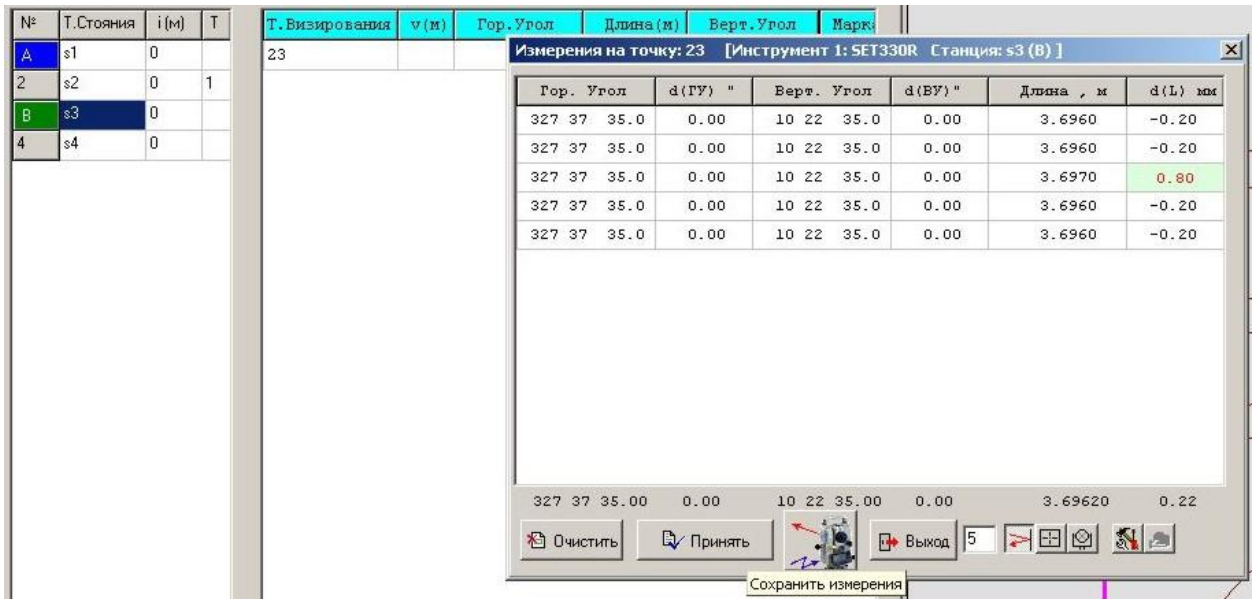


Рис. 7.9 Сохранение результатов измерений

Для измерений на другой точке (в нашем случае ***A*,** рис. 7.10) необходимо сделать ее текущей, и выполнить описанный выше комплекс операций.

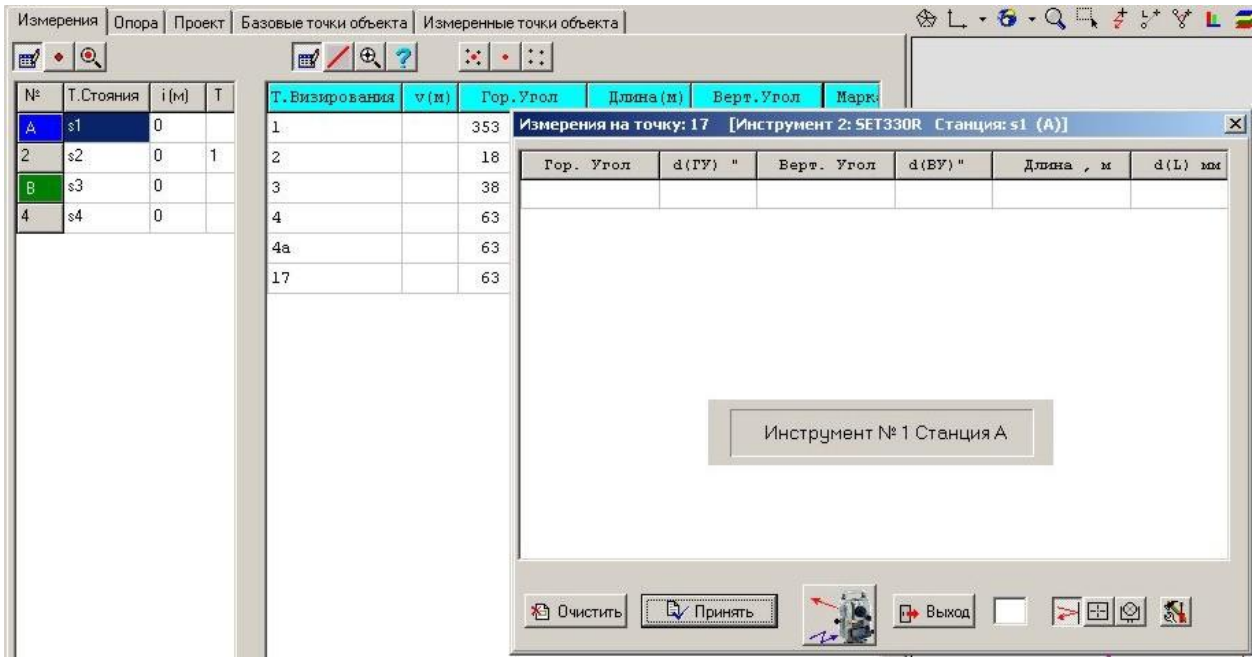


Рис. 7.10 Измерение точек со станции ***A***

8 Геодезический мониторинг сложных объектов

На практике очень часто возникает необходимость периодической проверки правильности установки сложного, многокомпонентного оборудования в проектное положение – этот процесс называется мониторингом. Для решения этой задачи необходимо несколько составляющих:

- создание высокоточных внутрицеховых сетей (или опорных сетей объектов), которые соответствовали бы проектным размерам и положению объекта;
- моделирование работы агрегата и поиск оптимальных корректирующих воздействий;
- организация высокоточных геодезических измерений и их обработка в минимально возможное время.

Рассмотрим эти составляющие мониторинга на примере сложных промышленных объектов – машин непрерывного литья заготовки (МНЛЗ) и вращающихся печей и сушилок.

8.1 Мониторинг машин непрерывного литья заготовок

Моделирование машин непрерывного литья заготовок обеспечивается дополнительным модулем ***«МНЛЗ»*** программного комплекса ***«Визир 3D»***, который позволяет с высокой степенью автоматизации выполнить измерения МНЛЗ, моделирование и вычисление оптимальных управляющих воздействий по корректировке положения элементов МНЛЗ.

Так как МНЛЗ могут быть различных типов и отличаться геометрическими параметрами – для каждого типа МНЛЗ создается модель, которая описывает геометрические характеристики машины, особенности

конструкции и измерения. Модель хранится в файле (например «МНЛЗ № 5 .ini») и задается на ***Вкладке «Проект»***, (рис. 8.1)

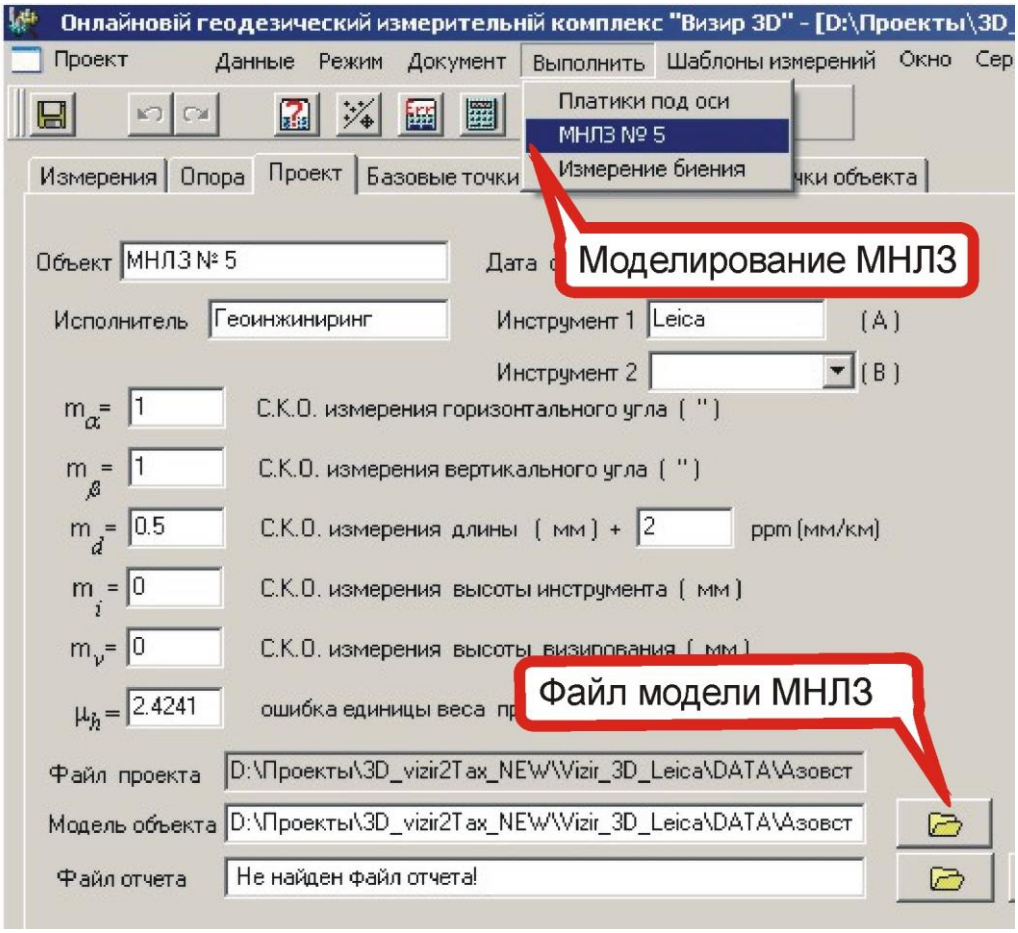


Рис. 8.1 Задание файла модели МНЛЗ

Файл модели представляет собой текстовый файл, разделенный по секциям, которые описывают различные элементы МНЛЗ и особенности их геодезических измерений. Фрагмент файла модели приведен в таблице:

```
[ALL]
Name=МНЛЗ № 5 производства "Уралмаш" (Ручей № 9 и 10)
Left:=0
Width=2000
dNakl=0


[Axis]
Count=7
X,Y,R,0 - свободное, 1 - призматическое
1=1141.26;-7447.8;100;1;45
2=1694.37;-8084.37;100;1;45
3=4285.59;-10084.27;100;0;30
4=5073.09;-10609.7;100;0;30
5=8723.6;-11662.0;100;1;45
6=9652.8;-11670.2;100;1;45
7=13125.01;-11773.65;100;0;0
```

```
[Rolik]
Кр=0.0;0.0;0.0;Горизонтальное;0.0
0=-43.96;-790.19;75.0
7=145.8;-2080.5;75
15=767.52;-4181.34;135
16=902.12;-4466.52;135
17=1047.62;-4751.57;135
18=1202.13;-5031.85;135;Горизонтальное;76.35
19=1362.87;-5303.15;135;Круговое
20=1567.22;-5622.07;135;Вертикальное
21=1746.25;-5882.17;135
22=1936.03;-6139.87;135
23=2133.93;-6391.39;135
24=2336.52;-6633.06;135
25=2602.69;-6950.46;150
26=2847.07;-7201.69;150
27=3102.72;-7448.09;150
28=3368.02;-7684.08;150
29=3637.27;-7908.45;150
30=3966.46;-8162.89;150
31=4252.14;-8365.87;150
32=4547.42;-8563.09;150
33=4850.65;-8747.83;150
34=5155.67;-8920.44;150
35=5519.51;-9152.60;190
36=5898.63;-9328.65;190
37=6300.48;-9495.19;190
38=6692.96;-9638.53;190
39=7102.30;-9770.20;190
40=7504.81;-9882.94;190
41=7911.08;-9981.28;190
42=8320.42;-10065.92;190
43=8732.22;-10137.64;190
44=9145.94;-10197.29;190
45=9573.06;-10247.03;190
46=9989.32;-10285.07;190
47=10406.32;-10314.02;190
48=10823.79;-10334.98;190
49=11241.55;-10349.14;190
50=11659.46;-10357.75;190
51=12077.44;-10362.12;190
52=12495.44;-10363.65;190
53=12915.44;-10363.82;190
54'=13333.44;-10363.82;190
. . . . . .
93=30919.44;-10363.82;190
1'=32710.0;-10363.82;190
2'=33910.0;-10363.82;190

по 37 ролик включительно - радиальный участок
R=10000.0
с 38 по 54' - криволинейный участок
с 54 и до конца - горизонтальный



[Шаблоны]
Count=4
1=Горизонтальный участок;54;55;62;63;70;71;78;79;86;87;92;93;1';2'
2=Радиальный участок;0;7;15;19;20;24;25;29;30;34;35;36;37
3=Криволинейный участок;38;40;44;45;53;54
4=Кристаллизатор;Кр

[Домеры]
Count=14
1=1;  0.01508
2=2;  0.01508
3=3;  0.01508
4=4;  0.01508
5=5;  0.01508
6=6;  0.01508
7=7;  0.01508
8=8;  0.01508
9=9;  0.01508
10=10;0.01508
11=11;  0.01508
12=12;  0.01508
```

Если в модели заданы шаблоны измерений – имена точек, которые должны быть измерены для определения геометрических параметров МНЛЗ, то в главном меню программы появится пункт ***Шаблоны измерений*** (рис. 8.2).

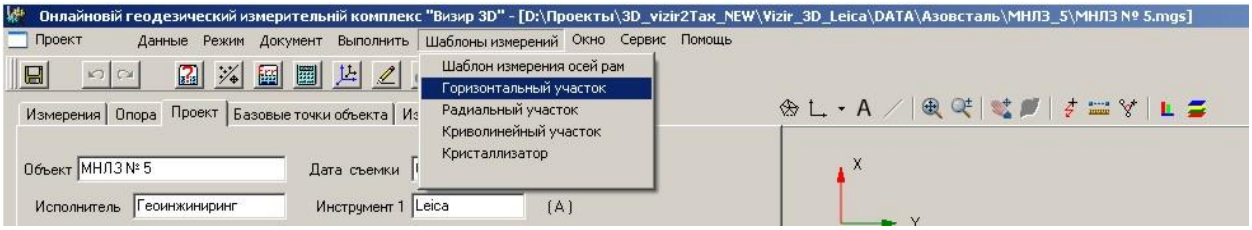


Рис. 8.2 Шаблоны измерений

Шаблоны измерений служат для задания программы измерений – т.е. имен точек, которые необходимо измерить, это значительно сокращает время измерений и гарантирую правильное именование точек при измерениях.

8.1.1 Создание высокоточной опорной сети МНЛЗ

Работы по определению фактического положения оборудования МНЛЗ начинались с создания высокоточной геодезической опорной сети машины, от которой впоследствии выполнялись все геодезические измерения. Чаще всего закладные репера, которые использовались при строительстве машины не сохранялись и сеть ориентировалась по наиболее жестким элементам конструкций.

Опорная геодезическая сеть МНЛЗ создавалась сразу для двух ручьев машины и состояла из 40 опорных точек, закрепленных на опорных конструкциях кислородно-конверторного цеха, где расположены МНЛЗ, шариками диаметром 30 мм и специальными отражательными пленками (рис. 8.3). В связи с продолжительным сроком эксплуатации во влажных условиях, репера заложенные во время строительства МНЛЗ сохранились только для МНЛЗ №3. Поэтому первым этапом работы была "привязка" к

наиболее стабильным элементам машины и определение относительно них системы координат МНЛЗ, таким образом, чтобы можно было выполнить выставку машины, т.е. чтобы все корректирующие воздействия были направлены только на увеличение прокладок под кассеты роликов зоны вторичного охлаждения.

Измерения сети выполнялись онлайновым измерительным комплексом ***«Визир 3D»*** [8,9] по методике обеспечивающей измерение горизонтальных и вертикальных улов с точностью 1" и длин с точностью 0,2 мм. Для создания сети требовалось от 22 до 28 точек стояния инструмента, выполненных по технологии "свободной станции". На рисунке 2 показана конфигурация опорной геодезической сети в различных плоскостях. Построенная сеть является пространственной, расположенной в основном на двух уровнях, перепад высот составляет 20 м, в плане размеры сети составляют 35×27 м. Такая конфигурация сети, а также вертикальные колонны и горизонтальные балки, и множество трубопроводов в цехе очень затрудняли передачу координат между двумя уровнями сети. Поэтому для связи между уровнями сети иногда использовались дополнительные точки, закрепляемые на опорных конструкциях магнитными измерительными марками (рис. 8.5). При измерениях больших по значению (до ±60°) вертикальных углов требовались дополнительные измерения для уменьшения влияния ошибки неперпендикулярности оси вращения визирной трубы и вертикальной оси вращения инструмента (лазерного тахеометра). В зимний период измерения осложняла рефракция, вызванная быстрым вертикальным движением воздуха. Еще одним фактором, влияющим на измерение длин, была сильная запыленность воздуха, при некоторых технологических операциях, выполняемых в кислородно-конверторном цехе. Однако, несмотря на сложные условия измерений, вычисленная ошибка единицы веса для опорных геодезических сетей каждой МНЛЗ составила 1,6", 2,9" и 3,2", соответственно. Средняя среднеквадратическая ошибка определения

координат точек опорной геодезической сети составила 0,3 мм. Косвенным критерием высокого качества создания опорной геодезической сети является точность привязки точек стояния тахеометра к существующей сети во время измерения элементов МНЛЗ, которая не превышала 0,3 мм (в среднем 0,2 мм). Такие результаты в сложных условиях измерений получены только благодаря онлайновым методам геодезических измерений комплексом ***«Визир 3D»***, который обеспечивает полный контроль измерений и отбраковку некачественных измерений, вызванных вибрацией, перемещением мостовых кранов и сильной запыленностью атмосферы в цехе.



Рис. 8.3 – Точки опорной сети МНЛЗ №4:
цифры – порядковые номера точек

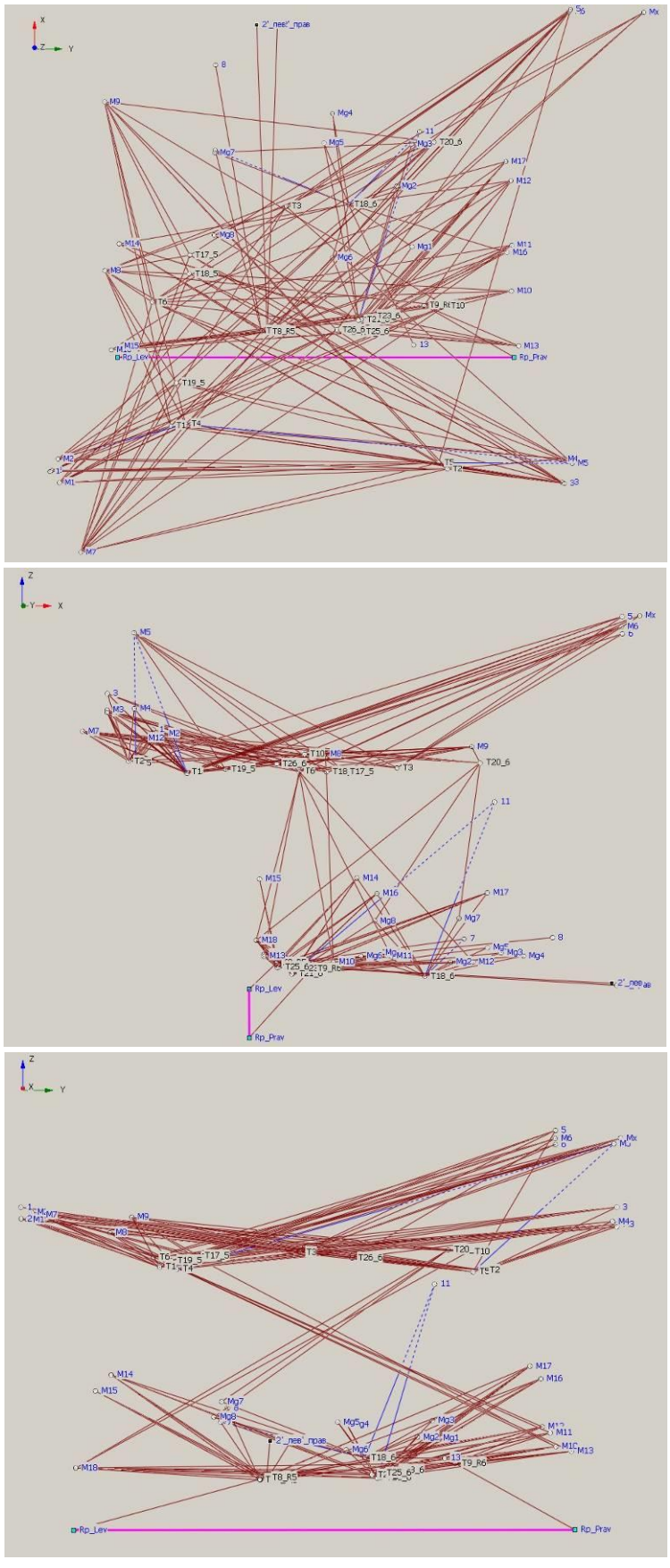


Рис. 8.4 – Опорная геодезическая сеть МНЛЗ:
а – в плане, плоскость XY; *б* и *в* – вид в плоскости ZX и ZY, соответственно

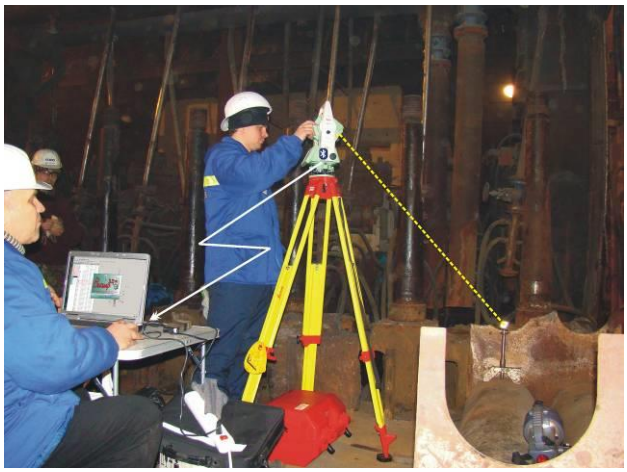



Рис. 8.5 – Магнитная марка на конструкции МНЛЗ (*слева*)
и схема измерения с помощью комплекса "Визир 3D" (*справа*)

8.1.2 Выставка в проектное положение рам МНЛЗ

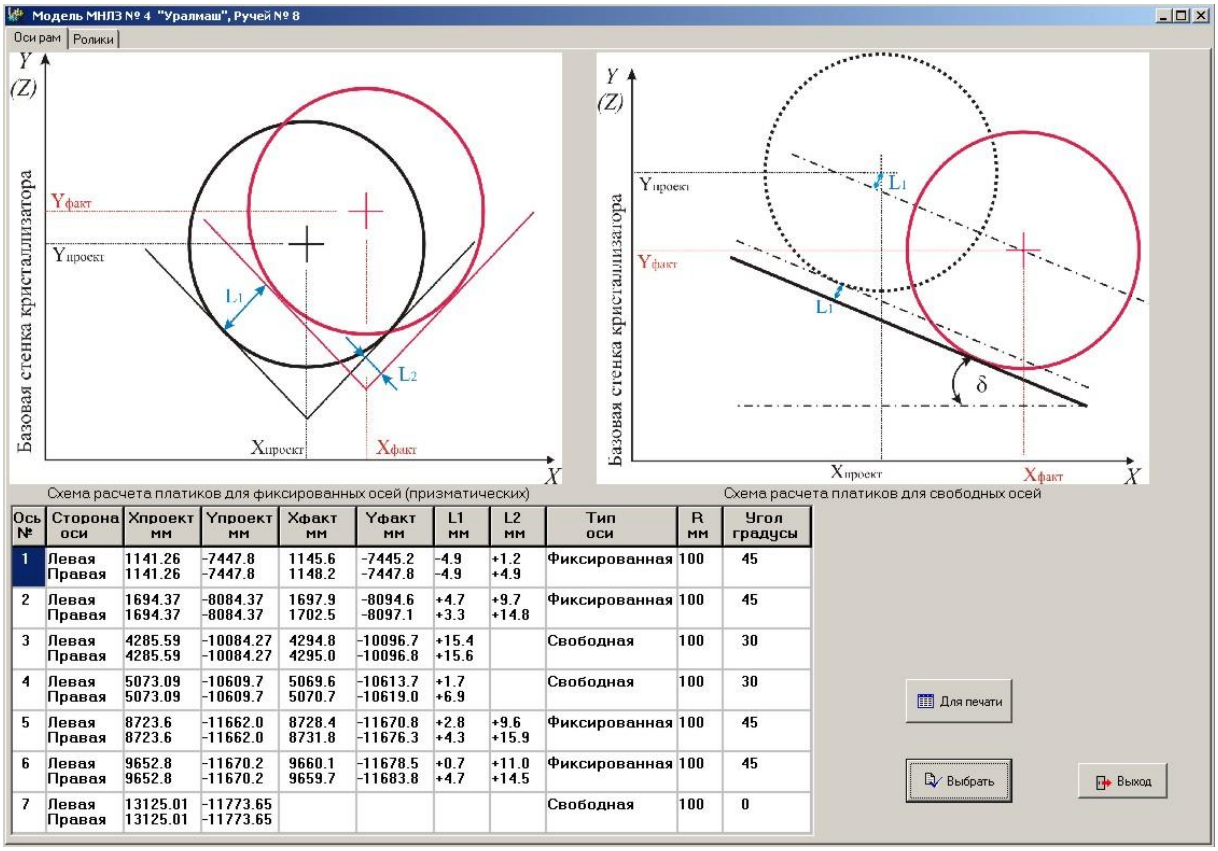
Для МНЛЗ №4 выполнялся комплекс работ по установке стоек под оси рам МНЛЗ. Эти работы были вызваны необходимостью восстановления проектного положения стоек после их ремонта и ремонта рам. Проверка положения и установка стоек рам радиального и криволинейного участков машины выполнялись методом последовательных приближений. Для повышения точности нахождения при измерении верхней образующей цилиндра фальшвала призма с вешкой поворачивались на 180°. В результате последовательность работ была следующая – призма с вешкой устанавливалась на левую сторону фальшвала (рис. 8.6). Выполнялись 10-ти кратные измерения при "Круге Лево" тахеометра, затем 10-ть измерений при "Круге Право" (т.е. вертикальный круг (отсчетное устройство)находилось слева от зрительной трубы и справа, такая методика измерений позволяет компенсировать инструментальные погрешности электронного тахеометра). Затем измерения усреднялись. Конструктивно стойки установки рам имеют 2 типа креплений для осей: фиксированное (призматическое) и свободное, которое представляет собой наклонную под определенным углом пластину, на которую ложится ось рамы. Для измерения осей в измерительном

комплексе ***«Визир 3D»*** программно задавались шаблоны измерений с предопределенными именами стоек осей, это позволило автоматизировать выборку результатов измерений и последующие расчеты.



Рис. 8.6 – Измерение стоек установки рам

Для расчета размеров платиков под оси рам создана математическая модель и компьютерная программа, которая позволили автоматизировать расчет (рис. 8.7) с учетом типа платиков. Математическая модель позволяет задавать расположение стоек под оси рам и углы наклона для осей в зависимости от типа МНЛЗ. В результате выполнения этой работы, стойки установки осей рам были выставлены в проектное положение с точностью 0,5 мм.



Ось №	Сторона оси	Хпроект мм	Упроект мм	Хфакт мм	Уфакт мм	L1 мм	L2 мм	Тип оси	R мм	Угол градусы
1	Левая Правая	1141.26 1141.26	-7447.8 -7447.8	1145.6 1148.2	-7445.2 -7447.8	-4.9 -4.9	+1.2 +4.9	Фиксированная	100	45
2	Левая Правая	1694.37 1694.37	-8084.37 -8084.37	1697.9 1702.5	-8094.6 -8097.1	+4.7 +3.3	+9.7 +14.8	Фиксированная	100	45
3	Левая Правая	4285.59 4285.59	-10084.27 -10084.27	4294.8 4295.0	-10096.7 -10096.8	+15.4 +15.6		Свободная	100	30
4	Левая Правая	5073.09 5073.09	-10609.7 -10609.7	5069.6 5070.7	-10613.7 -10619.0	+1.7 +6.9		Свободная	100	30
5	Левая Правая	8723.6 8723.6	-11662.0 -11662.0	8728.4 8731.8	-11670.8 -11676.3	+2.8 +4.3	+9.6 +15.9	Фиксированная	100	45
6	Левая Правая	9652.8 9652.8	-11670.2 -11670.2	9660.1 9659.7	-11678.5 -11683.8	+0.7 +4.7	+11.0 +14.5	Фиксированная	100	45
7	Левая Правая	13125.01 13125.01	-11773.65 -11773.65					Свободная	100	0

Рис. 8.7 – Схема расчета размеров платиков под оси рам 8-го ручья МНЛЗ №4

Если, до использования предложенной технологии, выставка рам выполнялась методом последовательных приближений и под осями рам были комплекты из 3…5 прокладок, то при использовании предложенной авторами технологии прямых геодезических измерений и аналитического определения толщины платиков – их число сократилось до 1-го (рис. 8.8), максимум 2-х, что позволило сделать более жестким крепление рам МНЛЗ.



Рис. 8.8 – Подкладки под оси рам

8.1.3 Выставка в проектное положение роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ

Слиток, формируемый в кристаллизаторе МНЛЗ, должен перемещаться в зоне вторичного охлаждения по специально рассчитанной траектории (вдоль оси технологического канала (ручья) МНЛЗ), для того чтобы на его поверхности не образовывались складки и трещины, которые в дальнейшем приводят к непоправимому браку заготовки, т.е. металлопродукции [10]. Траектория перемещения слитка определяется положением нескольких десятков роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, касательная к которым непрерывная гладкая кривая определяет форму слитка на разных этапах охлаждения. Теоретически ось каждого ролика должна быть выставлена в заданное конструкторами проектное положение. Однако на практике этому препятствуют следующее:

– ролики по несколько штук объединены в кассеты, так что отдельный ролик переместить нельзя;

– положение кассеты роликов может быть изменено только по направлению нормали к траектории движения слитка.

В этих условиях рационально принять такую стратегию оценки геометрии расположения роликов МНЛЗ и их регулировки. По проектным координатам осей роликов рассчитывается теоретическая кривая движения слитка, а по результатам измерения фактического положения вычисляются отклонения и оптимальные значений перемещений роликов при их выставке. Оптимальным следует считать такой план выставки, при котором достаточно переместить минимальное число кассет, так чтобы теоретическая траектория касалась всех роликов МНЛЗ.

Вывод параметров уравнения теоретической кривой траектории основывается на геометрической схеме представленной на рис. 8.9.

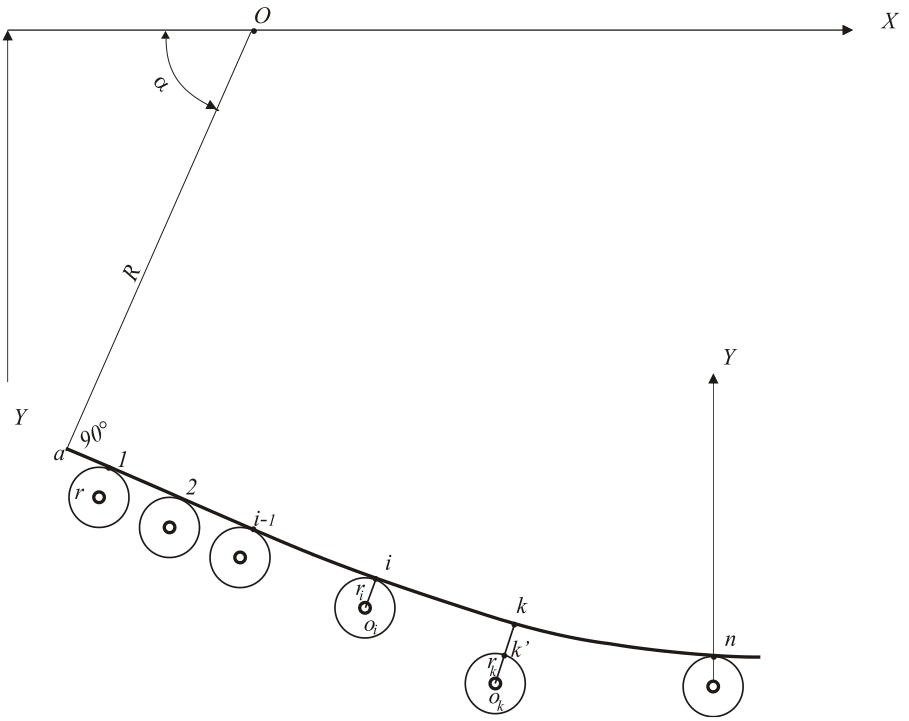


Рис. 8.9 – Схема расчета параметров теоретической кривой траектории перемещения слитка

В проектно-конструкторской документации по МНЛЗ заданы координаты осей и радиусов всех роликов. Первые ролики от кристаллизатора расположены по окружности заданного радиуса *R*, таким образом круговая часть траектории составляет дугу угловой величины α (см. рис. 8.9). Криволинейная часть траектории начинается с точки *a* и заканчивается роликом *n*, с которого начинается горизонтальная часть траектории перемещения заготовки.

Криволинейную часть можно с достаточной точностью описать сплайном второго порядка, т.е. общее уравнение кривой на участках между соседними роликами имеет вид

$$a_i x^2 + b_i x + c_i = y\,,$$

где a_i, b_i и c_i – параметры кривой *i*-того участка; *x*, *y* – координаты точки на кривой.

Если принять, что участок заканчивается на *i*-том ролике, то для него будет иметь место система уравнений следующего вида:

$$\begin{cases} a_i x_{i-1}^2 + b_i x_{i-1} + c_i - y_{i-1} = 0; \\ 2a_{i-1} x_{i-1} + b_{i-1} - 2a_i x_{i-1} - b_i = 0; \\ a_i x_i^2 + b_i x_i + c_i - y_i = 0; \\ x_i + r_i \sin(arctg(2a_i x_i + b_i)) - x_{o_i} = 0; \\ y_i + r_i \cos(arctg(2a_i x_i + b_i)) - y_{o_i} = 0, \end{cases}, \; i = 1...n,$$

где x_i, y_i и x_{i-1}, y_{i-1} – координаты точки касания кривой роликов в конечной и начальной точках *i*-того участка; a_i, b_i, c_i и a_{i-1}, b_{i-1} и c_{i-1} – параметры сплайна на *i*-том и *i*-1-вом участках; r_i – радиус *i*-того ролика; x_{o_i}, y_{o_i} – координаты оси *i*-того ролика.

Из совместного решения приведенной системы уравнений, составленных для всех участков траектории перемещения заготовки, вычисляются параметры сплайна и координаты точек касания роликов теоретической кривой траектории.

Если некоторый ролик *k* не касается проектной кривой (см. рис. 8.9), то используя уравнение траектории, вычисляется смещение ролика *kk*' по направлению нормали к кривой. Таким образом, будет обеспечиваться положение роликов, соответствующее проектной траектории движения заготовки в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ.

Проверка осевых смещений и наклонов роликов зоны вторичного охлаждения выполнялась с помощью специальной методики измерений. В зависимости от видимости роликов измерения фактического их положения выполнялось двумя способами. Первый способ с использованием призменной подставки и вешек с поверенными уровнями, как показано на рис. 8.10. Для измерений использовались вешки длиной 180, 300 и 500 мм. С помощью призменной подставки и вешки с уровнем находилась верхняя

образующая бочки ролика, которая в плане соответствует координате X оси вращения ролика по направлению оси X МНЛЗ. При нахождении высоты ролика (координата Y) учитывался радиус соответствующего ролика.















Рис. 8.10 – Измерение положения роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ

Для измерения роликов, на которые нельзя было установить вешку, использовалась методика измерений магнитными марками с последующим вычислением как показано на рис. 8.11 и 8.12. Магнитная марка имеет в нижней части ребра, которые позволяют установить ее по образующей бочки ролика. Такая технология измерений требует больше времени на определение положения ролика, т.к. вместо одного измерения на вешку требуется 5…6 измерений на магнитные марки. Измерительный комплекс ***«Визир 3D»*** располагает компьютерной программой для вычисления диаметра бочки ролика и координат геометрического центра ролика.

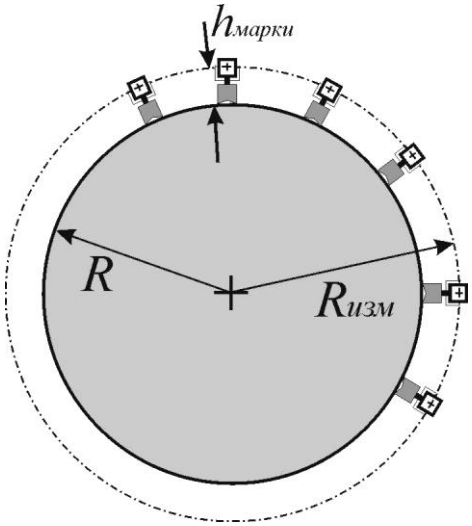


Рис. 8.11 – Схема измерения ролика магнитными марками
R – радиус ролика, $h_{марки}$ – высота марки, $R_{изм}$ – измеренный радиус

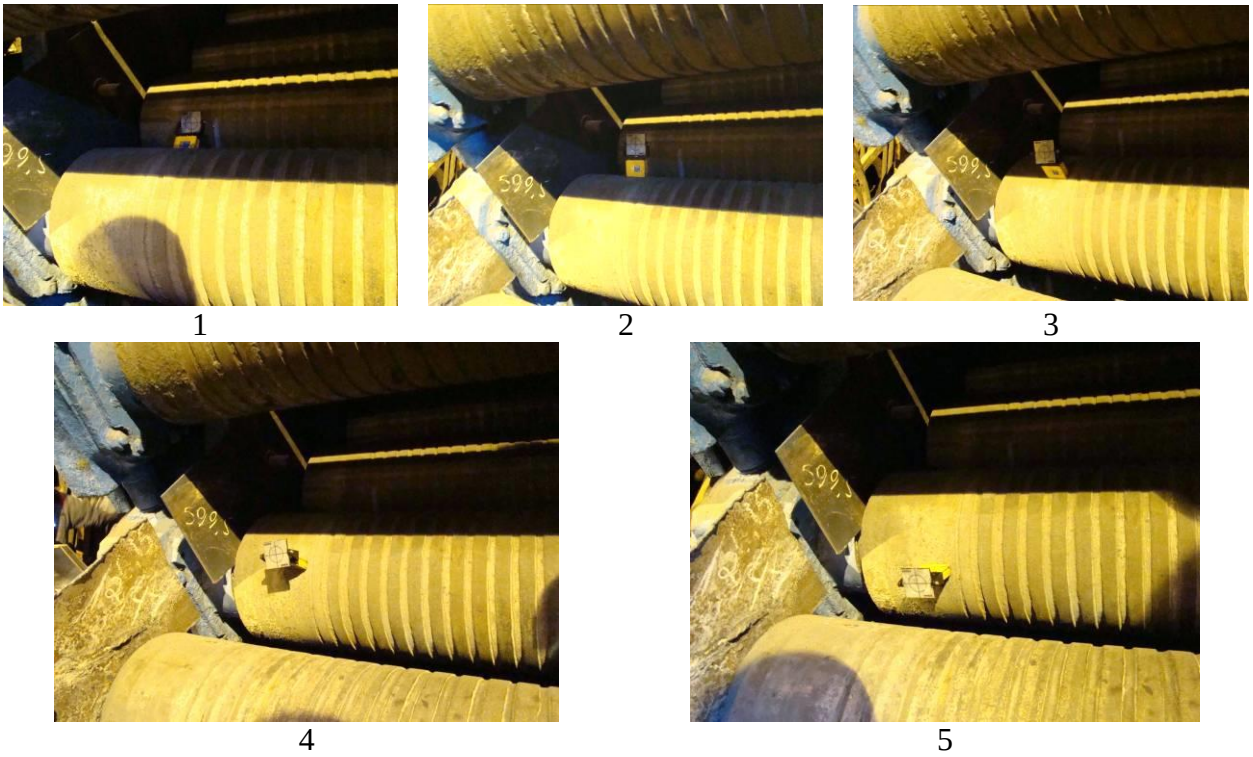
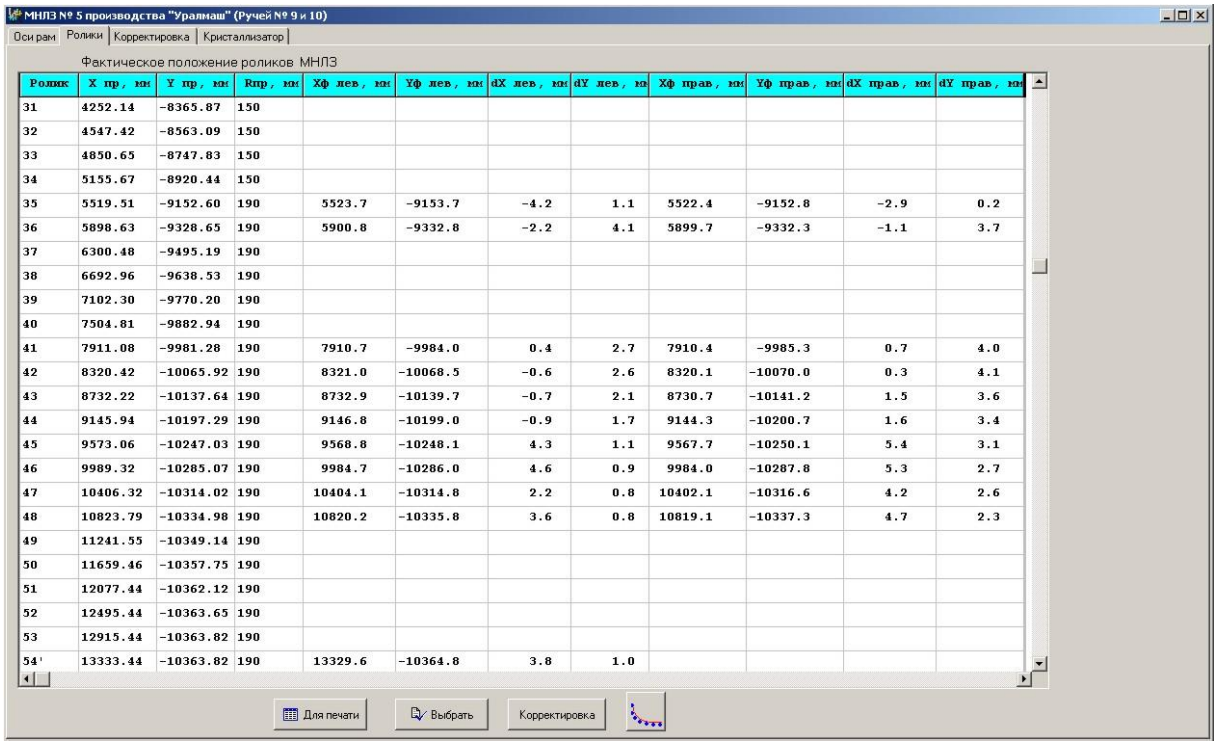


Рис. 8.12 – Последовательность установки магнитных марок на ролике

Для ускорения обработки измерений создана компьютерная программа, которая позволяет выбрать измерения из каталога уравненных координат точек сети (рис. 8.13 и 8.14), выполнить моделирование и выдать результаты измерений в табличном и графическом виде (рис. 8.15).



Ролик	X пр, мм	Y пр, мм	Rпр, мм	Xф лев, мм	Yф лев, мм	dX лев, мм	dY лев, мм	Xф прав, мм	Yф прав, мм	dX прав, мм	dY прав, мм
31	4252.14	-8365.87	150								
32	4547.42	-8563.09	150								
33	4850.65	-8747.83	150								
34	5155.67	-8920.44	150								
35	5519.51	-9152.60	190	5523.7	-9153.7	-4.2	1.1	5522.4	-9152.8	-2.9	0.2
36	5898.63	-9328.65	190	5900.8	-9332.8	-2.2	4.1	5899.7	-9332.3	-1.1	3.7
37	6300.48	-9495.19	190								
38	6692.96	-9638.53	190								
39	7102.30	-9770.20	190								
40	7504.81	-9882.94	190								
41	7911.08	-9981.28	190	7910.7	-9984.0	0.4	2.7	7910.4	-9985.3	0.7	4.0
42	8320.42	-10065.92	190	8321.0	-10068.5	-0.6	2.6	8320.1	-10070.0	0.3	4.1
43	8732.22	-10137.64	190	8732.9	-10139.7	-0.7	2.1	8730.7	-10141.2	1.5	3.6
44	9145.94	-10197.29	190	9146.8	-10199.0	-0.9	1.7	9144.3	-10200.7	1.6	3.4
45	9573.06	-10247.03	190	9568.8	-10248.1	4.3	1.1	9567.7	-10250.1	5.4	3.1
46	9989.32	-10285.07	190	9984.7	-10286.0	4.6	0.9	9984.0	-10287.8	5.3	2.7
47	10406.32	-10314.02	190	10404.1	-10314.8	2.2	0.8	10402.1	-10316.6	4.2	2.6
48	10823.79	-10334.98	190	10820.2	-10335.8	3.6	0.8	10819.1	-10337.3	4.7	2.3
49	11241.55	-10349.14	190								
50	11659.46	-10357.75	190								
51	12077.44	-10362.12	190								
52	12495.44	-10363.65	190								
53	12915.44	-10363.82	190								
54'	13333.44	-10363.82	190	13329.6	-10364.8	3.8	1.0				

Рису. 8.13 – Таблица измеренных координат роликов МНЛЗ

МНЛЗ № 5 производства "Уралмаш" (Ручей № 9 и 10)

Оси рам | Ролики | Корректировка | Кристаллизатор

Оптимальная корректировка роликов МНЛЗ

Ролик	X пр, мм	Y пр, мм	dH лев, мм	dX лев, мм	dY лев, мм	dH прав, мм	dX прав, мм	dY прав, мм
15	767.52	-4181.34	-9.81	19.98	-19.76	-5.52	16.58	-22.66
19	1362.87	-5303.15	0.65	15.03	-25.15	10.07	5.13	-27.05
25	2602.69	-6950.46	22.04	-7.39	-23.84	23.77	-9.29	-24.34
26	2847.07	-7201.69	23.53	-8.17	-24.61	25.51	-10.17	-25.41
27	3102.72	-7448.09	25.10	-8.62	-24.61	27.48	-10.82	-25.81
28	3368.02	-7684.08	26.51	-10.22	-25.82	30.13	-12.52	-28.62
29	3637.27	-7908.45	27.75	-9.47	-27.65	30.96	-13.47	-28.55
35	5519.51	-9152.60	-0.65	4.09	-0.80	-0.89	2.79	0.10
36	5898.63	-9328.65	-3.13	8.97	-0.05	-4.15	11.97	-0.25
41	7911.08	-9981.28	1.96	-0.88	-1.72	3.29	-1.18	-3.02
42	8320.42	-10065.92	1.46	0.08	-1.58	3.09	-0.82	-3.08
43	8732.22	-10137.64	1.10	0.18	-1.06	2.94	-2.02	-2.56
44	9145.94	-10197.29	0.58	0.36	-0.71	2.57	-2.14	-2.41
45	9573.06	-10247.03	0.67	-4.76	-0.07	2.78	-5.96	-2.07
46	9989.32	-10285.07	0.23	-5.12	0.07	2.08	-5.82	-1.73
47	10406.32	-10314.02	0.03	-2.72	0.22	1.96	-4.82	-1.58
48	10823.79	-10334.98	-0.10	-4.09	0.18	1.44	-5.19	-1.32
53	12915.44	-10363.82	-6.30	-4.74	6.32	-6.40	-5.24	6.42
54'	13333.44	-10363.82	6.82	-4.44	6.82	6.72	-4.54	6.72
54	13759.44	-10363.82	-8.78	0.56	-8.78	-9.88	0.56	-9.88
55	14199.44	-10363.82	2.62	1.06	2.62	-6.58	1.06	-6.58
64	18159.44	-10363.82	-3.08	6.16	-3.08	-1.68	1.96	-1.68
73	22119.44	-10363.82	-1.08	3.56	-1.08	-2.68	2.46	-2.68
74	22559.44	-10363.82	-1.18	4.96	-1.18	-0.78	0.76	-0.78
83	26519.44	-10363.82	-1.38	7.46	-1.38	-1.38	3.36	-1.38

Рис. 8.14 – Таблица смещений (корректировки положения) роликов МНЛЗ

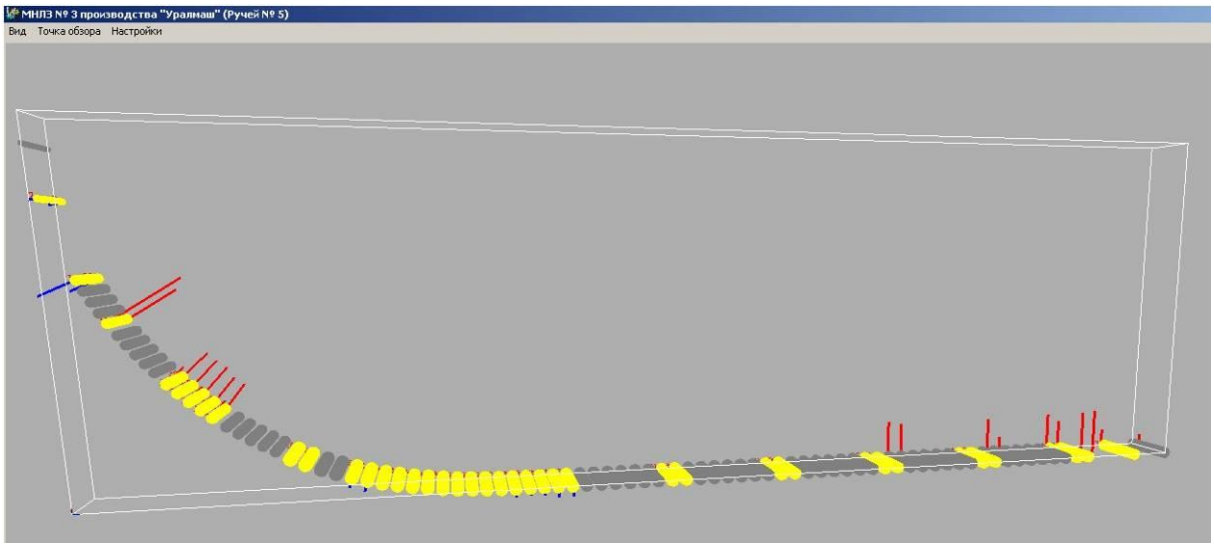


Рис. 8.15 – Визуализация оптимальных корректирующих воздействий для роликов МНЛЗ

В таблице на рис. 8.14 обозначены как *dH лев* и *dH прав* – оптимальные размеры подкладок под ролики с левой и правой стороны МНЛЗ, которые обеспечивают касание роликов теоретической кривой траектории перемещения слитка. Такая технология выставки роликов МНЛЗ связана с

тем, что конструкция машины не позволяет исправить отклонения (вдоль направления перемещения заготовки) более чем на 3…5 мм.

Опыт использования измерительного комплекса показал, что для выставки роликов МНЛЗ в проектное положение необходимо выполнить до 3-х приближений. Визуальное представление результатов корректирующих воздействий (рис. 8.15) позволяет принять более обоснованное решение, каким образом лучше выполнить управляющее воздействие – подкладкой под оси рамы, или пятироликовой кассеты, или изменением подкладок под двухроликовыми механизмами.

8.1.4 Проверка положения кристаллизатора МНЛЗ

Правильность установки кристаллизатора МНЛЗ проверялась по положению базовой стенки кристаллизатора, выставленного с помощью шаблона. Измерения выполнялись на отражательную пленку, установленную на задней стенке кристаллизатора (рис. 8.16).

Для расчета была создана компьютерная программа, моделирующая кристаллизатор МНЛЗ (рис. 8.17), которая позволяет учитывать текущее положение кристаллизатора на определенной высоте, в котором он остается при остановке МНЛЗ.





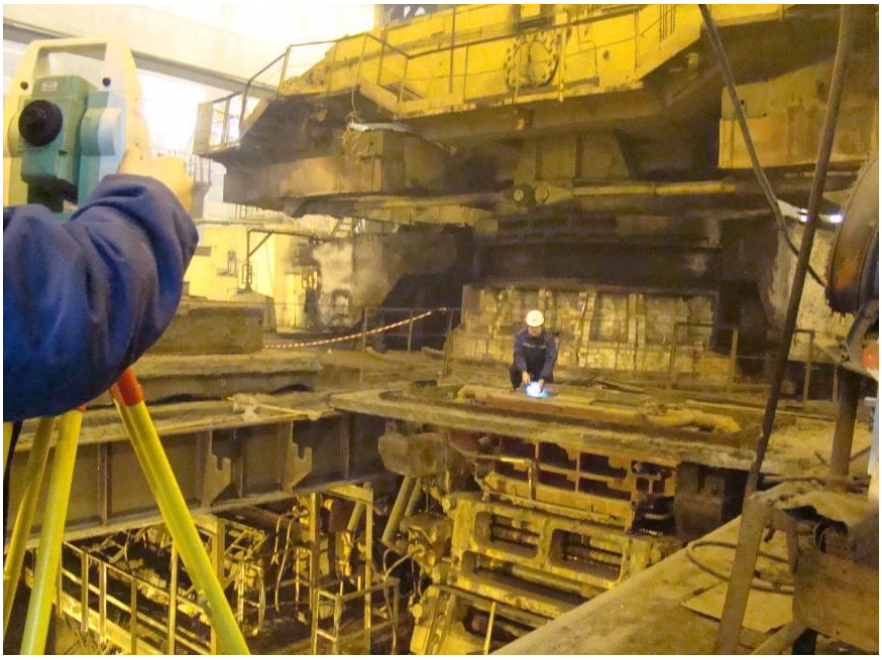


Рис. 8.16 – Измерение положения кристаллизатора МНЛЗ

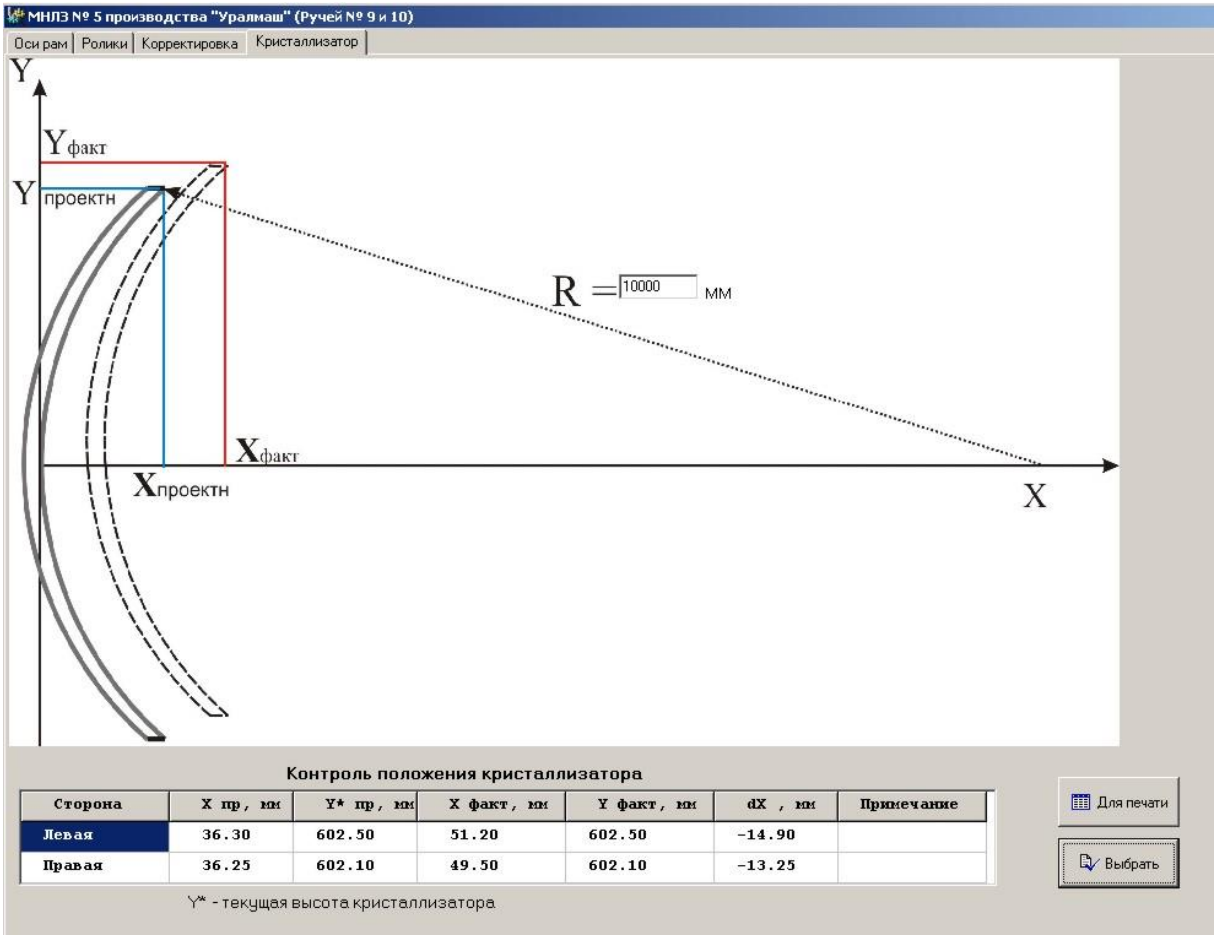


Рис. 8.17 – Схема для вычисления проектного положения кристаллизатора МНЛЗ

8.1.5 Результаты и показатели

При проверке фактического положения МНЛЗ с помощью онлайновой технологии геодезических измерений выявлены следующие моменты.

1. Шаблоны, с помощью которых выставляется оборудование МНЛЗ, собственными силами ПАО "Металлургический комбинат "Азовсталь", деформируются в процессе эксплуатации и имеют отклонения от заданного радиуса до 0,2 мм при длине шаблонов 3,5…4 м. Такие отклонения равносильны изменению радиуса шаблона на 10…15 мм, что приводит к накоплению ошибок при выставке кристаллизатора и роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ. Как правило, метрологические службы металлургических предприятий не имеют возможности определить фактический радиус таких шаблонов и исправить его самостоятельно.

2. Существующая технология выставки МНЛЗ с помощью криволинейных, радиальных и линейных шаблонов приводит к накоплению ошибок по общей длине технологической оси МНЛЗ. Установлено, что фактические отклонения оборудования на радиальном участке МНЛЗ достигают 20 мм, и увеличиваются по мере приближения к кристаллизатору, где отклонения от проекта составляют 32…46 мм.

3. Фактические размеры рам и положение механизмов крепления кассет роликов МНЛЗ, после многочисленных ремонтов, отличаются от проектных на значения до ±20 мм, что очень затрудняет выставку машины в проектное положение. В этих условиях необходимо применять технологию оптимальной выставки МНЛЗ.

4. Применение онлайновой технологии геодезических измерений позволило повысить точность выставки роликов МНЛЗ, по результатам контрольных измерений отклонения от проектного положения на криволинейном участке не превышали 1…2 мм. Однако из-за конструктивных особенностей МНЛЗ ПАО "Металлургический комбинат "Азовсталь", не удалось в полной мере реализовать онлайновые

геодезические методы выставки. Это связано с тем, что две верхние кассеты могут устанавливаться только в собранном виде, поэтому ограничена видимость роликов кассеты – виден только верхний ролик, это приводит к тому, что нижний ролик устанавливается, как и ранее с помощью шаблона. В некоторых случаях верхние кассеты и кристаллизатор полностью выставляются с помощью шаблона и только контролируются геодезическими методами, однако и в этом случае отклонения кристаллизатора от проекта не превышали 7…10 мм, т.е. все равно точность выставки МНЛЗ существенно увеличивается.

5. Применение онлайновой технологии геодезических измерений на горизонтальном участке МНЛЗ показало, что точность выставки значительно повышается (0,1…0,2 мм), а время измерений и выставки сокращается в 2…3 раза, по сравнению с традиционной технологией выставки с помощью нивелира и горизонтальной линейки и уровня. При этом отсутствует возможность выставки и контроля роликов горизонтального участка в плане, для обеспечения проектного шага расположения роликов верхних и нижних секций.

Эксплуатация МНЛЗ после выставки по рассмотренной методике (для разных МНЛЗ от 3 до 8 месяцев) по данным ПАО "Металлургический комбинат "Азовсталь" показала следующее:

1. Количество дефектов заготовок сократилось с 3…4 баллов до 1,5…2 (баллы – это интегральная характеристика, которая оценивает число и значимость дефектов).

2. Число замен механизмов сократилось с 10 за 2…3 недели до 1…2.

3. Отсутствовали случаи выхода из строя роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, вызванных неправильной геометрией, хотя до этого такие случаи возникали достаточно часто.

4. За счет более правильной установки кристаллизатора, повысилась точность центровки и соосности погружного стакана промежуточного ковша

и кристаллизатора МНЛЗ, что способствует снижению числа дефектов, связанных с включением шлака и пузырьков газа в непрерывнолитой слиток.

5. За счет уменьшения числа прокладок под рамами и роликовыми секциями и более правильной выставки конструкция МНЛЗ стала более жесткой и менее подверженной деформациям. Это подтверждается тем, что замена механизмов роликов и кассет выполняется более просто, чем ранее, т.к. отклонения требующие корректировки при установке новых механизмов не превышают 0,5…1 мм.

8.1.6 Список литературы к разделу 8.1

1. *Ведомственные* строительные нормы: ВСН 396-85. Монтаж технологического оборудования сталеплавильных цехов. – М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1986. – 30 с.
2. *Тимохин О.А*. Особенности расчета технологической оси МНЛЗ и ее контроля / Сталь. – 2000. – №2. – С. 16-21.
3. *Leica* TDRA6000. Product Brochure. Version 01/2009. - Unterentfelden (Switzerland): Hexagon AB, 2009. - 8 p.
4. *Industrial* 3-D Surveying with Optical Instruments. - Witten (Germany): GLM Lasermeßtechnik GmbH, 2007. - 16 p.
5. *Laser* Tracker use in industrial maintenance: machine and plant engineering. Press Release. - Mannheim (Germany): Automated Precision Deutschland GmbH, 2007. - 3 p.
6. *Шоломицкий А.А., Сотников А.Л., Адаменко В.И.* Контроль геометрических параметров машины непрерывного литья заготовок / Металлургические процессы и оборудование. – 2007. – №3. – С. 27-30.
7. *Сотников А.Л.* Контроль соосности оборудования МНЛЗ / Металлургические процессы и оборудование. – 2006. – №1. – С. 24-27.
8. *Измерительный* комплекс "Визир 3D" на предприятиях Украины: Геодезический контроль и выверка технологического оборудования / С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, В.Н. Ревуцкий, В.А. Пригаров // Геопрофиль. – 2009. – №3(6). – С. 12-19.
9. *Могильный С.Г., Шоломицький А.А., Шморгун Є.І.* Трьохкоординатний вимірювальний комплекс "Визир 3D" / Наук. пр. Донец. нац. техн. ун-ту / Редкол.: Мінаєв О.А. (голова) та інш. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Вип.9(143) – С. 13-25. (сер.: гірничо-геологічна)
10. *Машины* непрерывного литья заготовок. Теория и расчет / Л.В. Буланов, Л.Г. Корзунин, Е.П. Парфенов и др. – Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы – "Марат", 2004. – 349 с.

8.2 Мониторинг вращающихся агрегатов

К вращающимся агрегатам непрерывного действия относятся обжиговые печи, сушилки, мельницы и др. Наиболее сложны в обслуживании сушилки и обжиговые печи, т.к. в процессе работы они нагреваются до высокой температуры и для выполнения обследований и выверки они должны охлаждаться до безопасной для рабочих температуры. После обследования или ремонта, на их разогрев до рабочей температуры уходит много времени. Поэтому возникает необходимость дистанционного обследования объекта, с целью оценки его технического состояния и принятия решения о необходимости остановки и ремонта. Для решения этой задачи в измерительном комплексе ***«Визир 3D»*** имеется дополнительный модуль ***«Печи».***

Для выставки в проектное положение в этом программном модуле имеются средства автоматизации измерений и обработки, моделирования и вычисления корректирующих воздействий.

Модуль ***«Печи»*** имеет специфический для онлайновых измерений интерфейс, который будет показан на примере определения технического состояния и выставки сушильного агрегата фирмы Stamproy.

Для определения геометрических и кинематических характеристик печей и сушилок необходимы очень точные измерения их элементов этого можно добиться только при создании высокоточной опорной геодезической сети.

8.2.1 Создание опорной геодезической сети сушильного агрегата

Для выполнения геодезических работ по определению геометрических и кинематических характеристик сушильного агрегата была создана высокоточная опорная геодезическая сеть. Опорные точки закреплялись на

жестких опорных конструкциях вокруг объекта специальными отражающими марками (рис. 8.18).



Рис. 8.18 Закрепление точек опорной геодезической сети

Сеть создавалась как линейно-угловая сеть по технологии свободной станции методом последовательного наращивания сети, т.е. при многократных измерениях элементов сушилки выполнялась привязка станции к точкам опорной геодезической сети – эти измерения затем включались в уравнивание опорной геодезической сети сушилки. Таким образом, при выполнении измерений элементов сушилки сеть продолжала уточняться. Для начального построения сети потребовалось 22 станции, в окончательных измерениях участвовало 60 станций, общая характеристика сети приведена в табл.1, а схема сети на рис. 8.19.

В результате была создана высокоточная геодезическая опорная сеть сушильного агрегата со среднеквадратической ошибкой определения координат пунктов m_{xyz}=0,3 мм. Высокая точность созданной сети и измерений подтверждается тем фактом, что привязка станций измерения

элементов сушилки к опорной сети не превышала 0,1..0,2 мм. Большая избыточность измерений позволила выявить деформации опорных конструкций конвейерной эстакады, на которой располагалась опорная точка № 6, по мере заполнения угольного склада и исключить ее из дальнейших измерений и вычислений.

Общая характеристика сети

Таблица 1

```
Протокол вычисления сети  28.10.2012
Имя сети   :Старобешевская ТЭС
Дата:                                                                  05.08.2012
Исполнитель:                                                           Геоинжиниринг
Инструмент:                                                            Leica
Средняя квадратическая ошибка измерения вертикальных углов, сек.:       2
Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных направлений, сек.:  2
Средняя квадратическая ошибка измерения 100м расстояний, мм :           0.9
Ошибка единицы веса превышений:                                        2.4241
Тип сети    : планово/высотная
Уравнивание сети выполнено методом наименьших квадратов.
Плановая сеть состоит из       1  фрагмента.
                        Характеристики фрагмента №      1
       Фрагмент ориентирован в геодезической системе
     Количество исходных пунктов           :
                          планово-высотных       1
                                  плановых       0
                                  высотных       0
     Количество базисов                    :     0
     Количество азимутов                   :     1
     Количество определяемых пунктов       :   102
     Количество станций измерений          :    60
     Количество измеренных длин            :   304
     Количество измеренных направлений     :   319
     Количество параметрических уравнений  :   624
     Количество избыточных измерений       :   360
     Заданная точность измерений           :
                          направлений, сек     2.0
                                  длин, мм     0.8
     Вычисленная ошибка единицы веса, сек      2.1
      максимальная относительная невязка    :
                             фактическая    : 1: 26800
                              допустимая    : 1: 16200
Высотная сеть состоит из        1  фрагментов.
                        Характеристики фрагмента №      1
               Количество исходных высотных пунктов         :        1
               Количество определяемых высотных пунктов     :      102
               Количество измеренных превышений             :      304
               Количество избыточных измерений              :      202
Средняя квадратическая величина поправки в измеренное направление, сек:  1.7
Средняя квадратическая величина поправки в измеренную длину, мм:  0.4
```

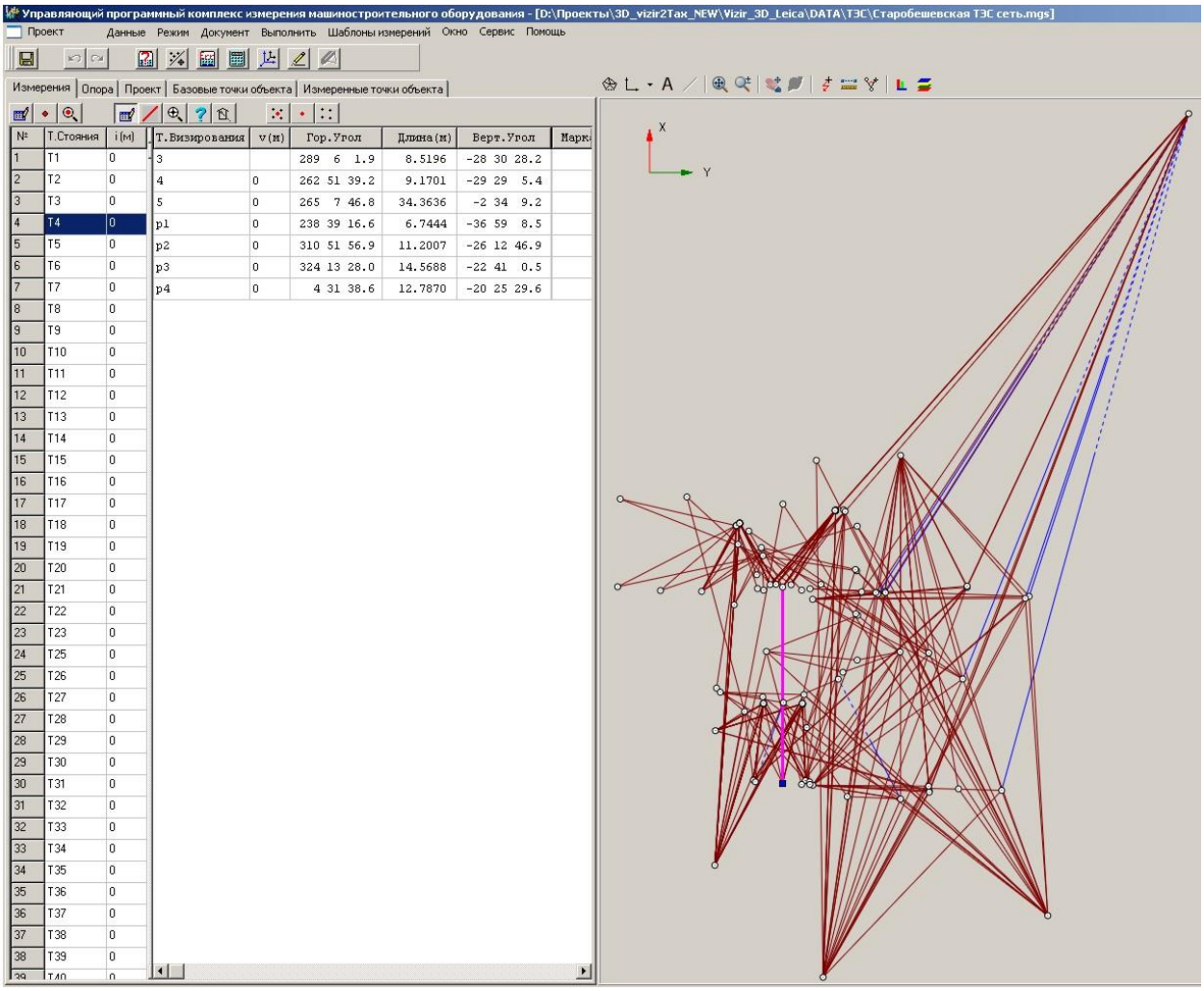


Рис. 8.19 Общий вид опорной геодезической сети и формы измерений

8.2.2 Интерфейс программного модуля «Печи»

Измерения печей начинаются с привязки станции к опорной геодезической сети агрегата, затем включается режим измерения печей (рис. 8.20). Далее в таблице станций делаем активной станцию, с которой будут выполняться измерения, и нажимаем кнопку **F1**. После этого будет показана форма онлайновых измерений, на которой соответствующими сенсорами задаются точки измерений (рис. 8.21 и 8.22).

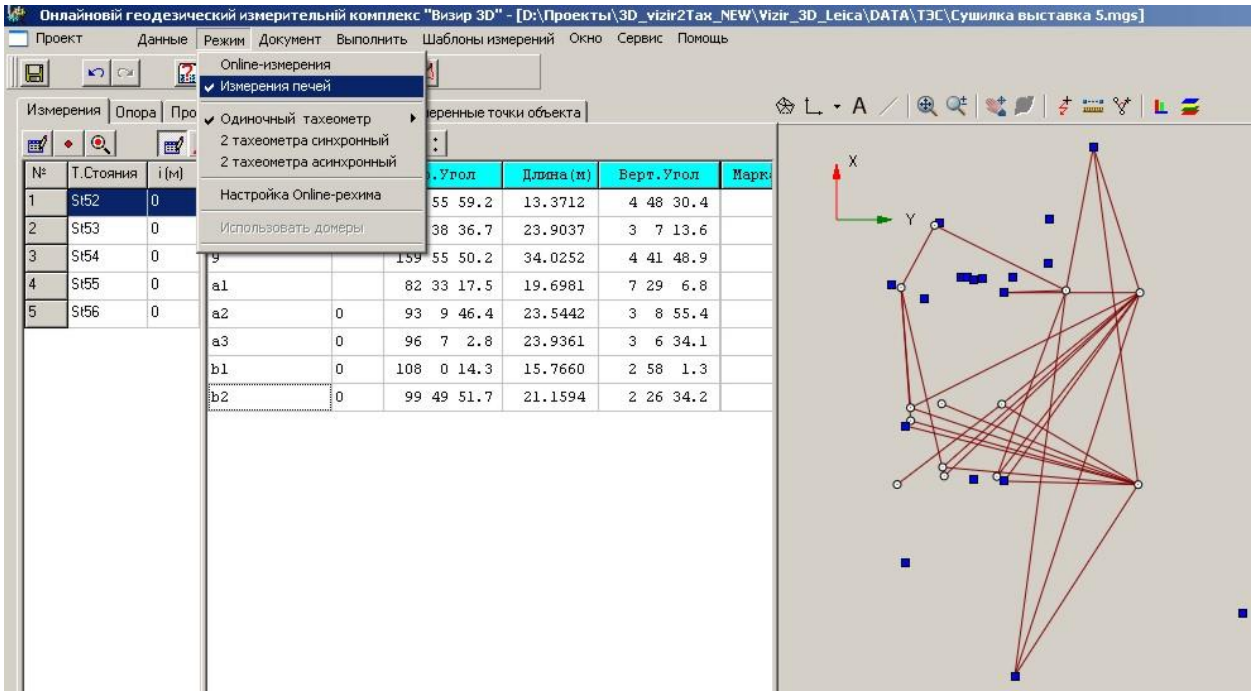


Рис. 8.20 Установка режима измерений

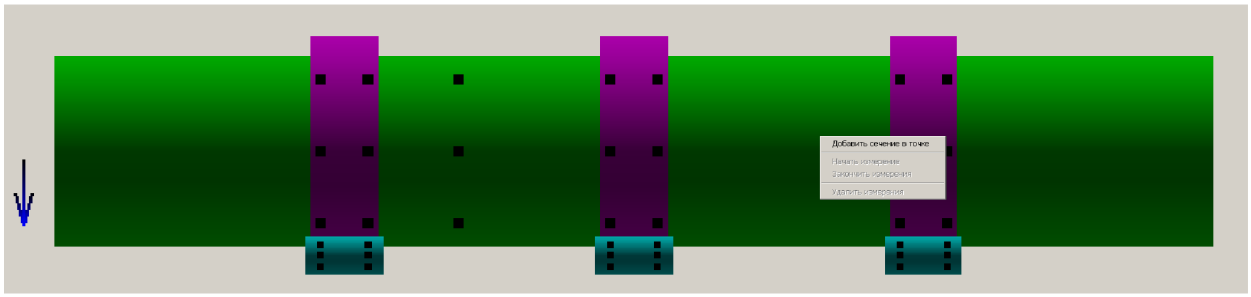


Рис. 8.21 Добавление нового сечения

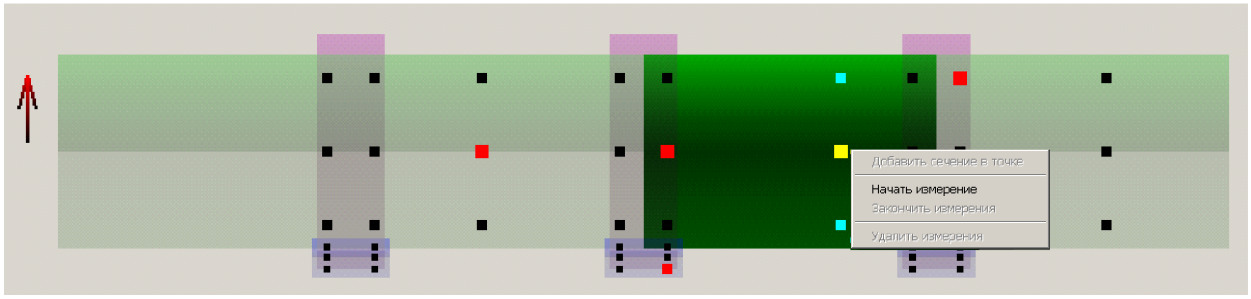


Рис. 8.22 Команда измерения текущего сенсора

Общий принцип задания сечений на объекте показан на рис. 8.23

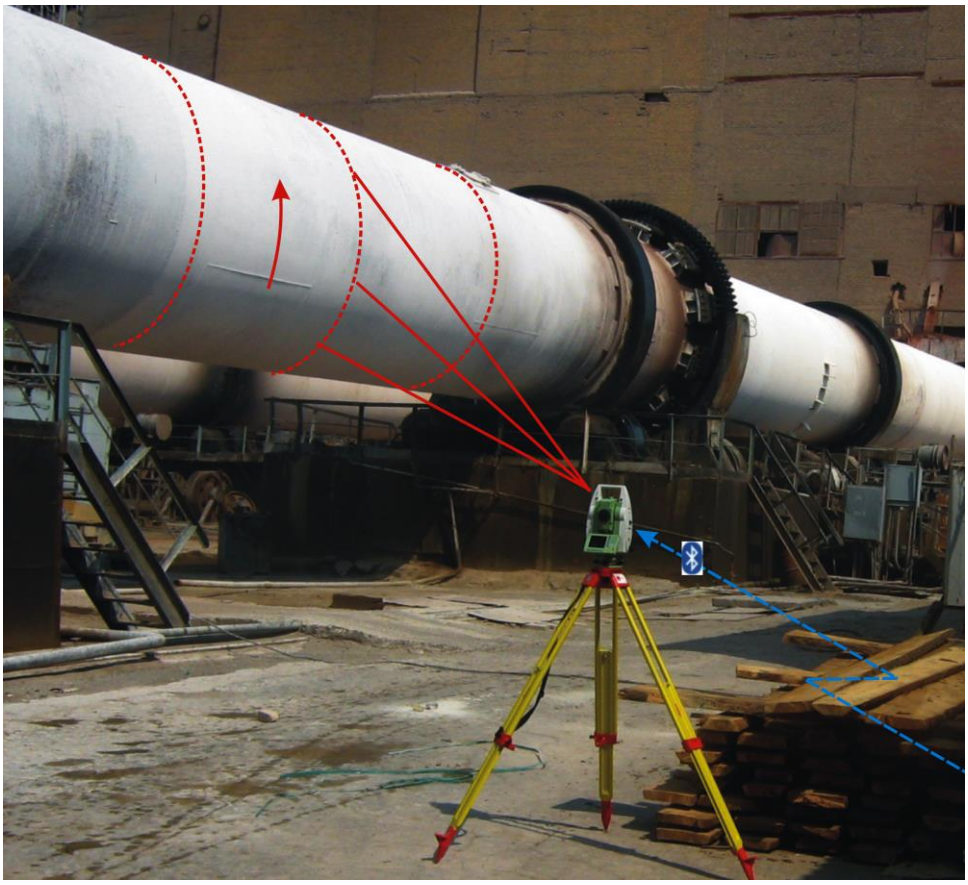


Рис. 8.23. Принцип измерения печей электронным тахеометром

8.2.3 Моделирование печи

Для моделирования графического интерфейса была разработана контекстно-свободная грамматика (КС-грамматика), которая позволяет выполнить формальное описание объекта печь. Эта грамматика затем интерпретируется в программном комплексе ***«Визир 3D»*** для создания графического интерфейса измерений печи конкретной печи .

В общем случае модель измерений агрегата, которым может быть: обжиговая печь, мельница или барабанная сушилки можно описать:

$$< агрегат >::= \{< секция >\}^n$$

т.е. агрегат может состоять из n секций.

Каждая секция, в свою очередь, состоит:

$$< секция >::= \left[< ОСУ >_{лев}\right] < обечайка > \left[< ОСУ >_{прав}\right]$$

из левого опорно–соединительного узла (*ОСУ*), собственно секции обечайки и правого опорно–соединительного узла. Для крайней левой секции нет левого опорно–соединительного узла, а для крайней правой нет правого опорно–соединительного узла. Это обусловлено тем, что загрузочный и разгрузочный концы печи располагаются в закрытых помещениях и недоступны для прямых геодезических измерений.

В свою очередь опорно–соединительный узел состоит:

$$< ОСУ >::=< ролик >_{лев} < бандаж >< ролик >_{прав}$$

из правого и левого опорных роликов и соединительного бандажа.

Несмотря на то, что элементы агрегата сильно отличаются размерами, все они являются вращающимися поверхностями, поэтому геодезические измерения для них однотипны – измеряются характерные сечения элементов (рис. 8.23). Число сечений для объектов с небольшой шириной (бандажи и ролики) 2, для секций обечайки число сечений может быть от 2 до k, в зависимости от длины и искривления секции. Кроме того, ролики могут быть измерены только с одной стороны, а бандажи и обечайки могут измеряться с двух сторон, что повышает точность и надежность определения геометрических параметров объектов. Формально это можно выразить следующими выражениями:

$$\begin{aligned} < ролик >::= & \left\{< сечение >\right\}^{2} \\ < бандаж >::= & \left\{< сечение >\right\}^{2}_{лев} \left[\left\{< сечение >\right\}^{2}_{прав}\right] \\ < обечайка >::= & \left\{< сечение >\right\}^{k}_{лев} \left[\left\{< сечение >\right\}^{k}_{прав}\right] \end{aligned}$$

Сечение, это множество измерений, которые разделены на 3 группы (рис. 8.24). Формально это можно представить:

$$<сечение>::=<группа>_1<группа>_2<группа>_3 \equiv \{<группа>\}^3$$

$$<группа>::= \{<измерение>\}_1^m$$

$$<измерение>::=<номер><X><Y><Z><T>$$

каждое измерение имеет свой номер в пределах группы от 1 до m, координаты точки X,Y,Z на поверхности объекта, T – время момента измерения.

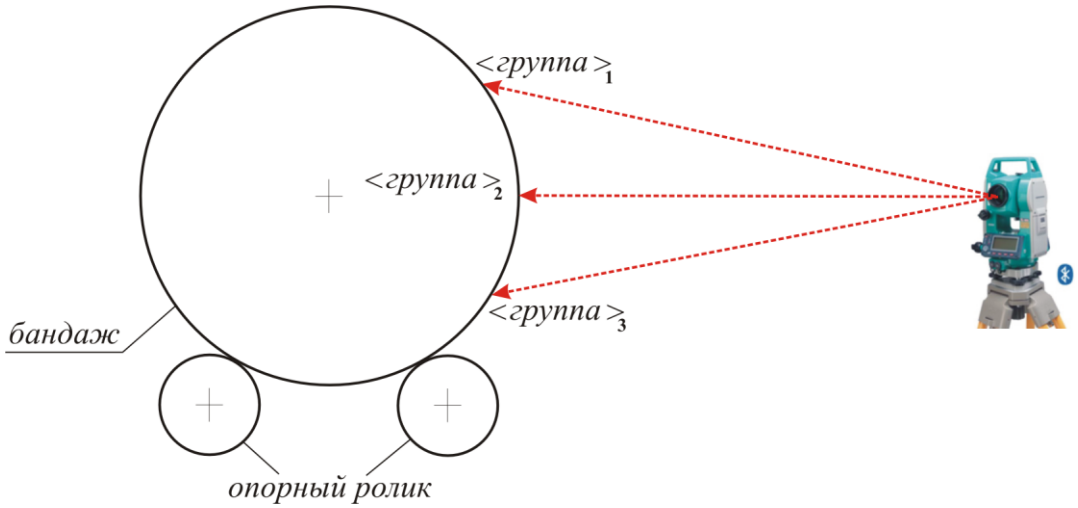


Рис. 8.24 Схема измерения сечения

Для применения этой модели при измерениях конкретной печи необходимо задать только число секций n, все остальные параметры являются контрольными. Так число сечений $k \geq 2$, необходимость увеличения числа сечений определяет пользователь. Оптимальное число

измерений в группе лежит в диапазоне $6 \le m \le 15$, в зависимости от диаметра и угловой скорости вращения объекта, но может быть и больше. Диаметр печи и роликов, а также ширина объектов подбираются из условий наилучшего отображения объектов на экране монитора и в явном виде не задаются.

Если измерения печи будут выполнены в соответствии с этой моделью, то можно будет выделить измерения каждого отдельного объекта печи и правильно их интерпретировать при вычислениях, а это позволит определить как геометрические параметры каждого отдельного объекта, так и всей печи в целом.

8.2.4 Измерение элементов агрегата

Измерение сушильного агрегата выполнялось двумя способами в статике и динамике. Измерения в динамике выполнялись по предложенной авторами оригинальной методике [10,11,12] и заключались в следующем:

- Тахеометр устанавливался напротив одного из бандажей работающей сушилки и выполнялась привязка точки стояния к опорной геодезической сети сушильного агрегата. Обычно измерения выполнялись на 5-6 опорных точек, что позволяло определить координаты точки стояния с точностью 0,1 мм.
- Затем выполнялись измерения в характерных сечениях объекта. В каждом сечении выполнялось 3 группы измерений (рис. 8.25 и 8.26) в безотражательном режиме. Интервал измерений подбирался таким образом, чтобы за один оборот сушилки было измерено 15 точек. Для бандажей и роликов, которые имеют ширину 0,5 м, измерялось по 2 сечения, а для обечайки 5 сечений в местах свободных от теплоизоляционного кожуха.

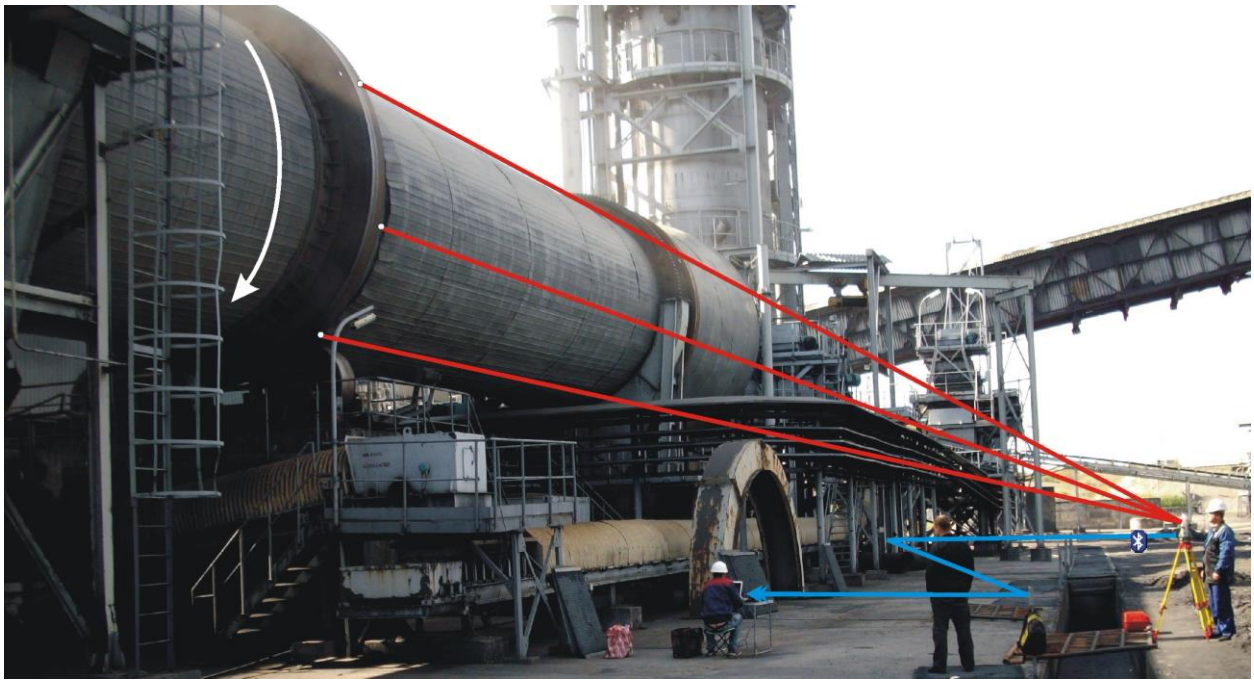


Рис. 8.25 Измерение бандажа в динамическом режиме

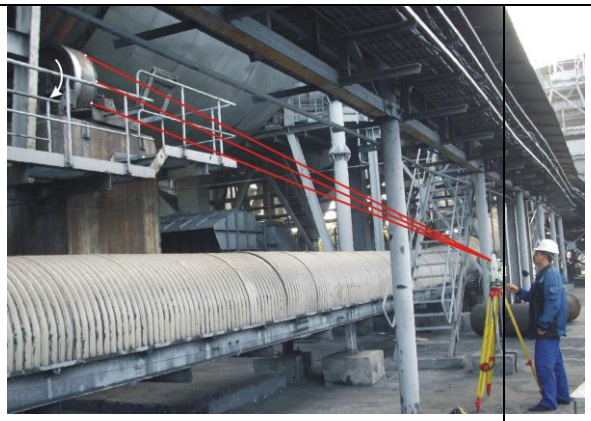


Рис. 8.26 Измерение ролика

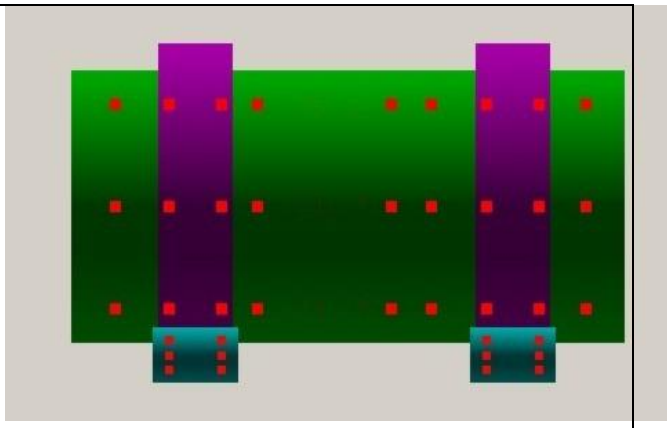


Рис. 8.27 Расположение точек измерений

По этим измерениям вычисляются геометрические параметры цилиндрической поверхности, а так же кинематические параметры вращения печи. Эти вычисления показали, что ролики имеют неравномерный износ, что вызвано неправильной выставкой роликов после ремонтов, на рис. 8.28 и 8.29 показана модель сушили и направления осей вращения роликов и бандажей. Белым цветом показаны проектные оси сушилки и роликов, красным фактические оси вращения роликов, синим – фактические оси вращения бандажей.

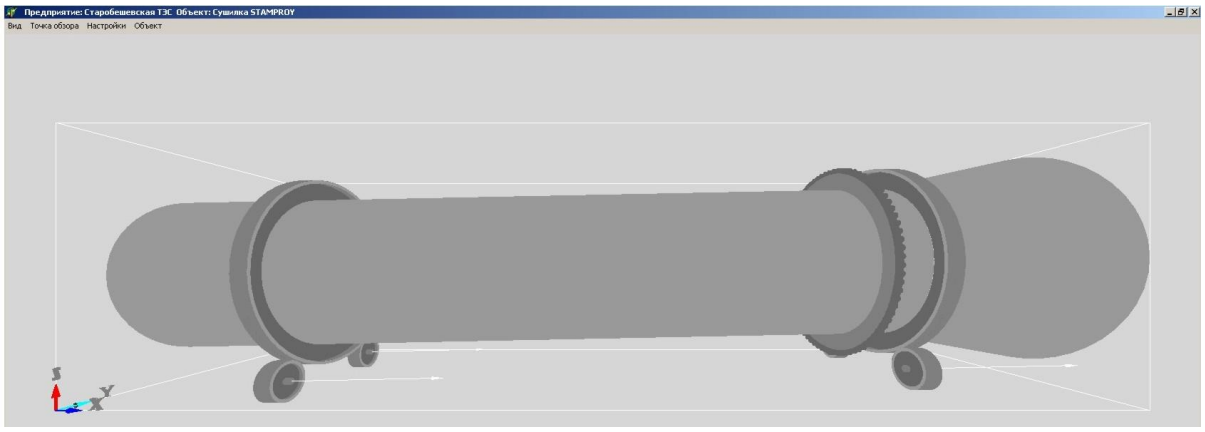
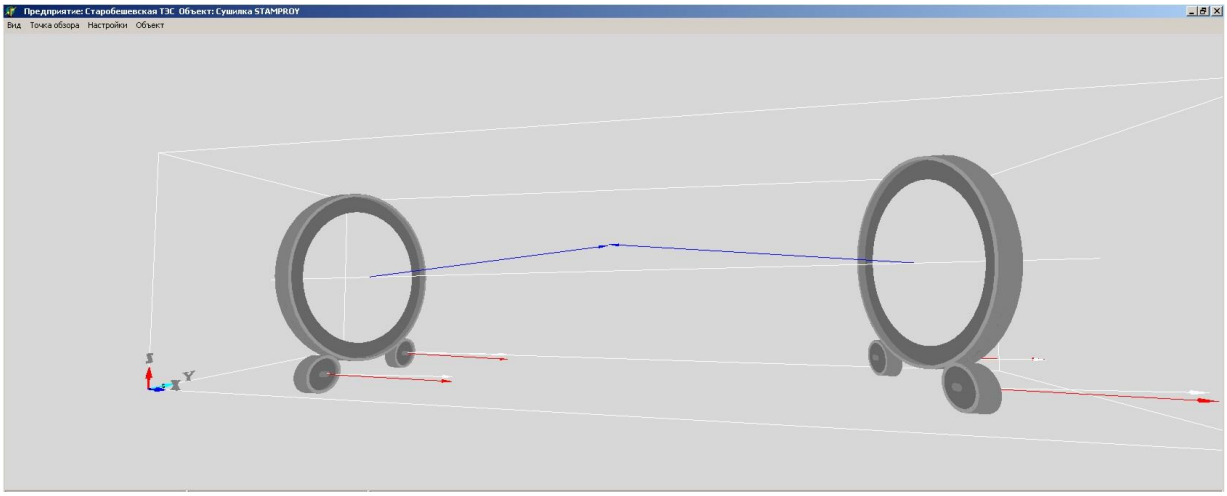
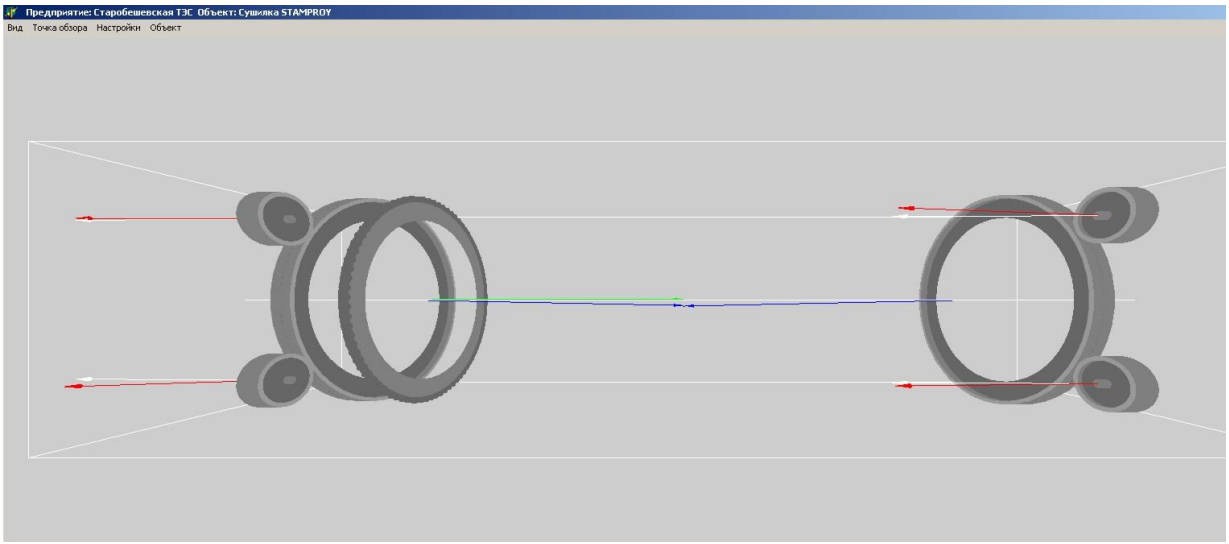


Рис. 8.28 Модель сушильного агрегата



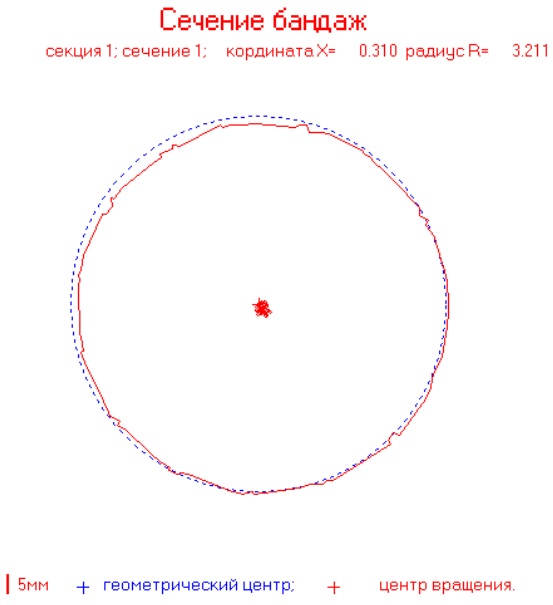
а) вид справа



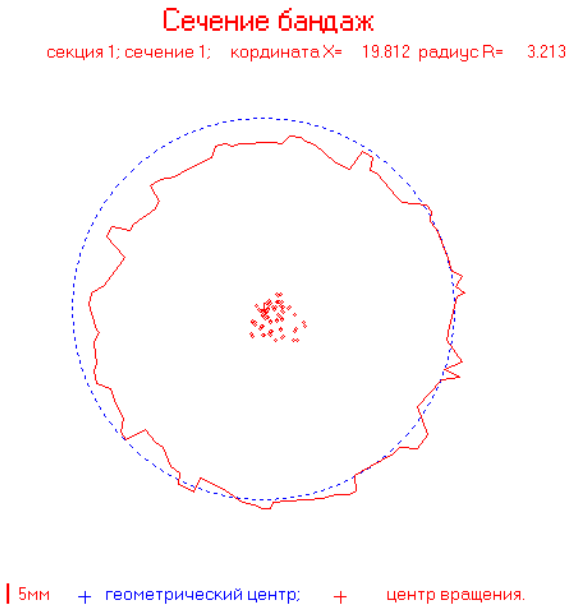
б) вид снизу

Рис. 8.29 Положение и оси вращения опорных узлов

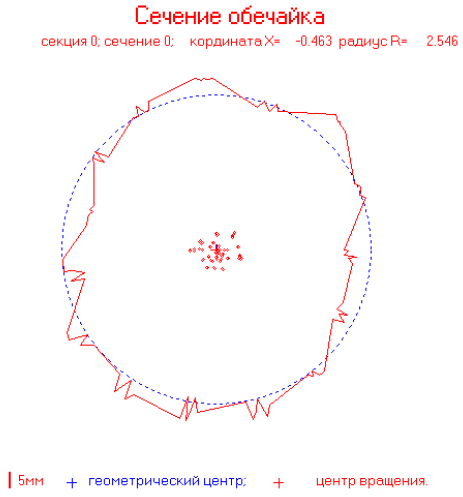
Вычисления показали, что оси бандажей не совпадают с осью сушилки – отклонение в вертикальной плоскости составляет 49,7 мм. Фактическое положение роликов отличается от проектного на 8–10мм, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Конусность роликов изменяется от 0,6 мм до 2,2 мм, конусность бандажей составила 8,6мм (бандаж № 1, на рис 8 –левый) и 6,4мм (бандаж № 2 – правый), при допуске **Δ=0,001*D=0,001*6.4=6.4мм,** где **D –** диаметр бандажа в метрах [1]**.**



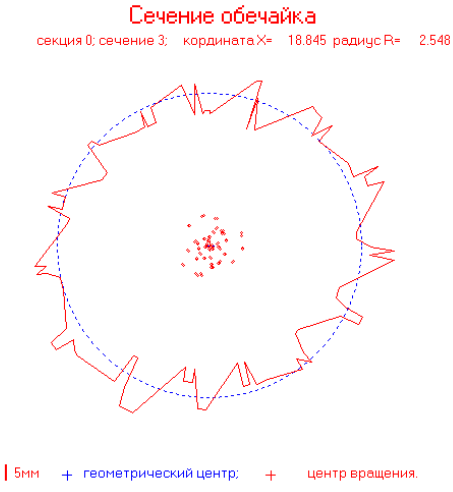
а) бандаж № 1 (правая сторона)



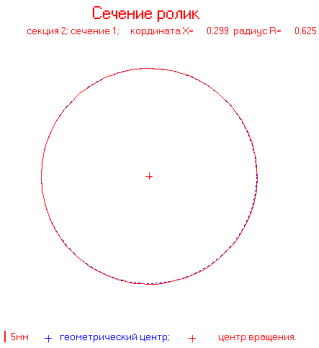
б) бандаж № 2 правая сторона

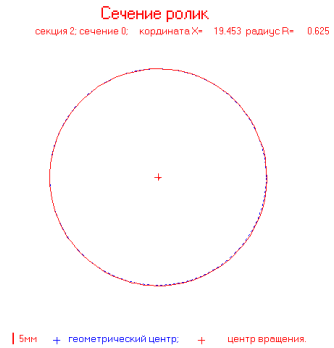


в) сечение обечайки (возле бандажа № 1)



г) сечение обечайки (возле бандажа № 2)





д) сечение ролика №2 е) сечение ролика №4

Рис. 8.30 Сечение вращающихся элементов сушилки

Исследования формы вращающихся элементов показало, что имеются значительные отклонения формы элементов от окружности. Так на рис 8.30а и 8.30б видно, что форма бандажа имеет закономерные отклонения от окружности, т.е. если вычислять радиус бандажа по измерениям отдельных участков, то можно получать разные радиусы, разброс может достигать 20 мм. Геометрические центры и центры вращения у бандажей и обечайки отличаются до 5 мм, на роликах практически совпадают.

Для бандажа № 1 изменение положения мгновенной оси вращения (скачки оси) составляют менее 4 мм, а для бандажа № 2 эта величина составляет около 12 мм. Это вызвано неравномерным износом роликов и бандажей и непараллельностью осей бандажей и оси вращения барабана сушилки, возможно частично это вызвано влиянием зацепления венцовой и подвенцовой шестерни.

Динамические измерения сушильного агрегата в процессе эксплуатации показали, что отклонения от проектных параметров большие и требуют корректировки, на рис. 8.31 показаны векторы корректировки положения осей роликов, вычисленные по данным модели и измерений.

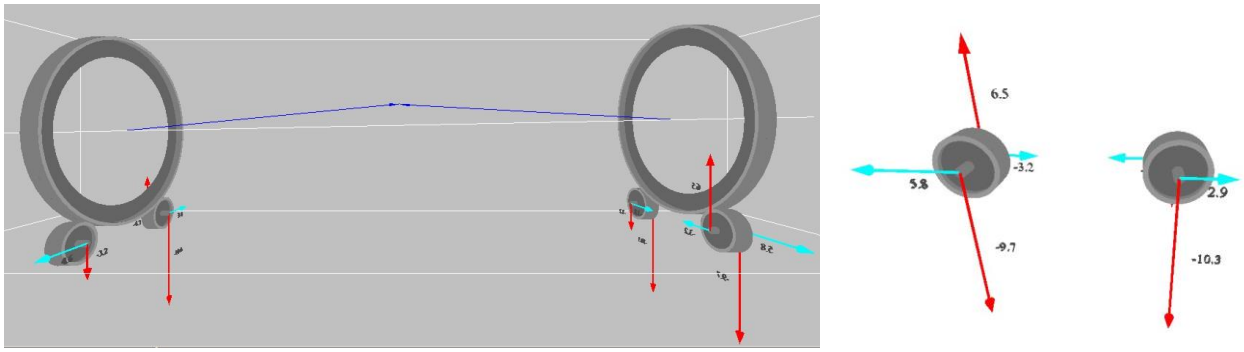
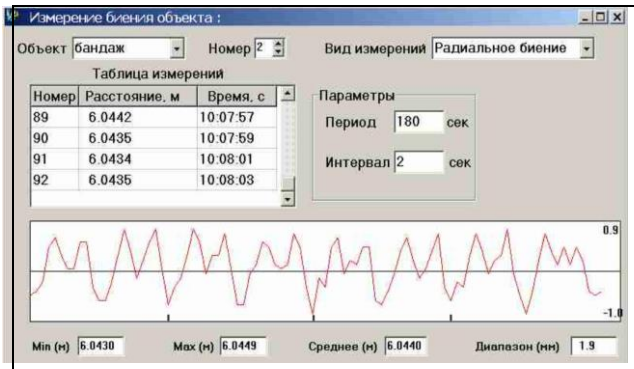


Рис. 8.31 Векторы смещений осей роликов

8.2.5 Определение радиального и аксиального биения

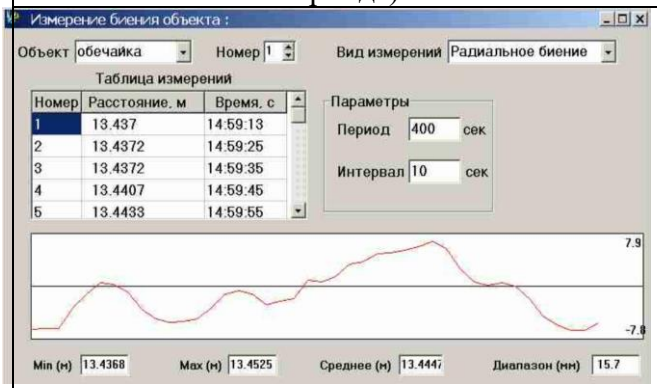
Одним из контролируемых кинематических параметров является радиальное и аксиальное биение вращающихся элементов сушилки [1]. Измерения выполнялись с помощью специального программного обеспечения и электронного тахеометра (рис. 8.32).



а) радиальное биение бандажа № 2 (4 периода)



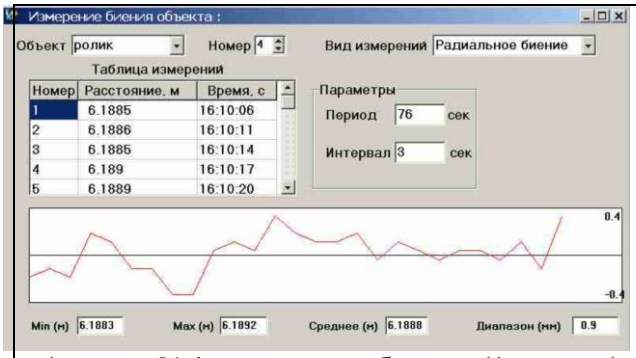
б) аксиальное биение венцовой шестерни (1 период)



в) радиальное биение обечайки (1 период)



г) аксиальное биение бандажа № 1 (1 период)



д) ролик №4 радиальное биение (1 период)



е) ролик №1 аксиальное биение (1 период)

Рис. 8.32 Интерфейс программы измерений и графики изменения биения

Как видно из графиков биения для «свободно» вращающихся объектов: бандажей, обечайки и венцовой шестерни – имеется явная периодичная закономерность, как для радиального биения, так и для аксиального. Радиальное биение свидетельствует об отклонении формы от окружности и/или о несовпадении геометрических центров и центров вращения. Закономерное аксиальное биение свидетельствует о неперпендикулярности плоскости элемента оси вращения сушилки. Для роликов, оси вращения которых жестко закреплены на раме, величины биения были гораздо меньше по величине и не имели закономерного характера.

8.2.6 Статические измерения

Приведение элементов сушилки к проектному положению можно выполнить только при остановленном агрегате, после охлаждения ее элементов до температуры, при которой безопасно выполнять ремонтные работы.

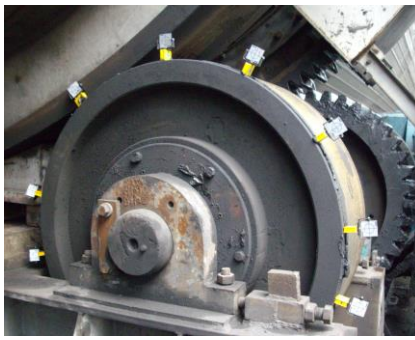
Так как геометрические размеры элементов не соответствуют проектным значениям и имеется конусность элементов – то дальнейшие работы по выставке сушилки выполнялись в статическом режиме, т.е. агрегат был остановлен, и выставка производилась методом последовательных приближений.

В статическом режиме технология геодезических измерений коренным образом отличается от динамических измерений и заключается в следующем:

- Электронный тахеометр устанавливается на продолжении оси вращения измеряемого ролика и выполняется привязка точки стояния к 4-5 пунктам опорной геодезической сети сушилки (рис. 8.33а);
- На измеряемый ролик устанавливаются магнитные измерительные марки с поворотными отражательными пластинами (8-10 марок), таким образом, чтобы угол охвата окружности ролика составлял не менее 120° (а лучше 180°), как показано на рис 8.33б.;
- Выполняются 5-кратные измерения на каждую измерительную марку;
- Марки переставляются на другой край ролика и снова выполняются измерения.



а) установка тахеометра против ролика





б) установка марок

Рис. 8.33 Измерение роликов в статическом режиме

Таким образом, на каждом ролике измерены по 8-10 точек на двух сечениях, по ним вычислялись параметры бочки ролика и положение оси вращения ролика. Точность измерения марок при такой схеме измерений

составляет 0,1-0,2 мм. Эти измерения показали, что форма ролика, представляет собой конус с отклонениями торцовых поверхностей от окружности до 0,8 мм, что свидетельствует о неравномерном износе роликов.



Рис. 8.34 Статическое измерение бандажа

Статическое измерение бандажа выполняется, как и динамическое в безотражательном режиме, набирая по сечениям по 10-12 точек (рис. 8.34).

8.2.7 Работа с камерой

Для документирования измерений и видеообследования объекта к программному комплексу ***«Визир 3D»*** может подключаться камера (рис. 8.35), которая может работать как под управлением комплекса, так и автономно. Камера может записывать видео, делать одиночные снимки и серии снимков с заданным интервалом.

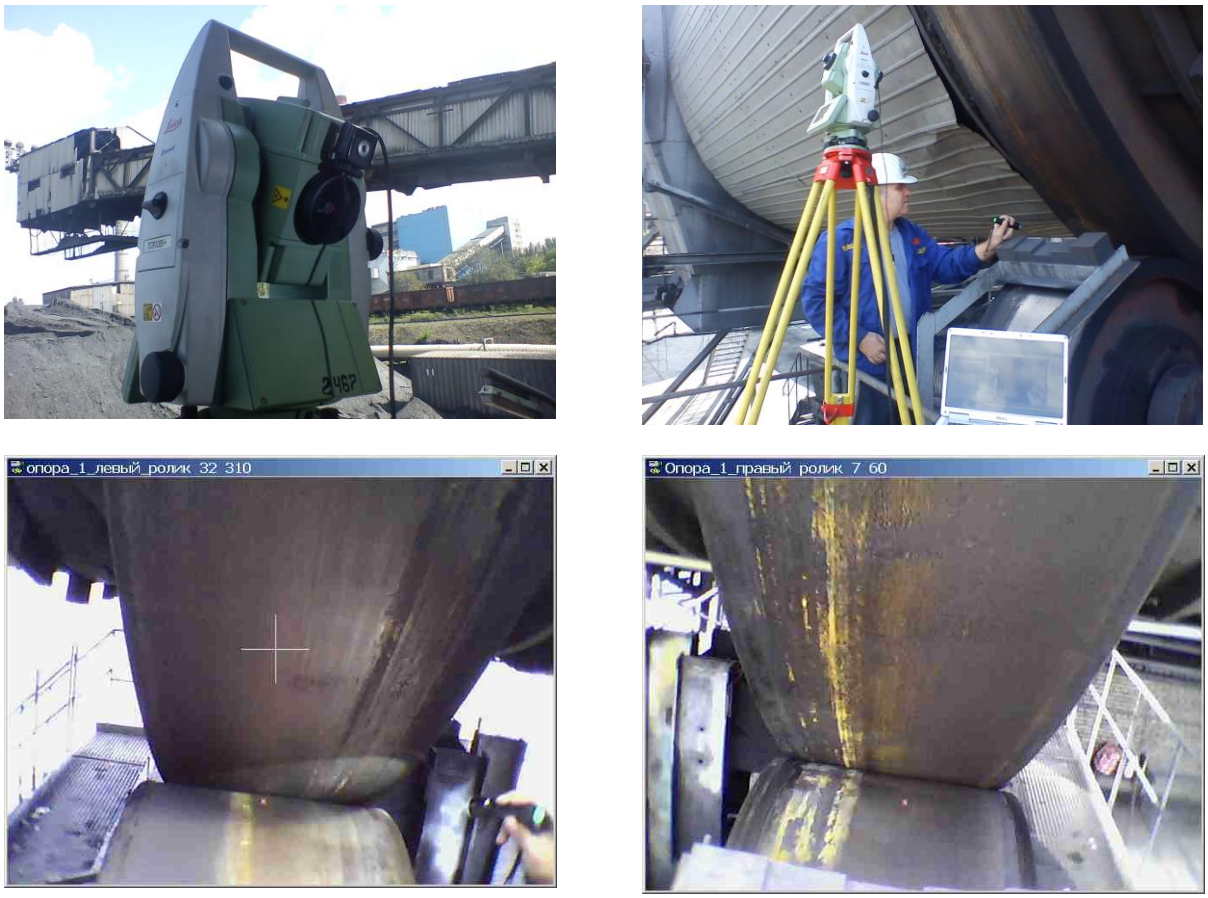


Рис. 8.35 Установка камеры и видеообследование прилегания ролика и бандажа

8.2.9 Список литературы к разделу 8.2

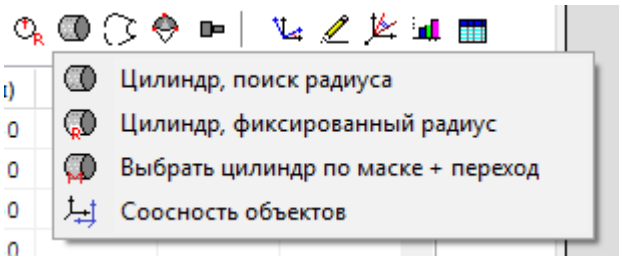
1. И.В. Кузьо, Т.Г. Шевченко Расчет и контроль установки агрегатов непрерывного производства // – Львов: Вища школа. – 1987. –176с.
2. Руководство по выверке технологического оборудования металлургической промышленности. // Т.Г.Шевченко, С.Г.Хропот, В.П.Пивоваров, А.А.Игнатов, В.Ф.Меньшиков, Министерство металлургии СССР, 1991, –212с.
3. B.Krystowczyk “Ausrichten von Drehofen und Korrektur der Tragrollen-Verdrehunden waehrend des Betriebes” // “Zement Kalk Gips International”, № 5, –1983. p. 288–292
4. By. Josef, L.Robertson “Killn Alignment Method Allows Corrections While Operating” // Rock Products, –1987. p. 21–22
5. B.Krystowczyk, Z.Krystowczyk “Nasz biznes z Hindusami” // Geodeta, № 4, KWIECIEN 2002, p. 1–7
6. Z.Krystowczyk “Geometry Measurement Of Killn Shell in Dynamic Condition” // Cemend & Building Materials, № 16, June 2004, p. 34–37
7. Петров В.В., Тюрин С.В. Технология контроля геометрических характеристик вращающихся печей. Целлюлоза. Бумага. Картон, –2005, № 7.–с. 66-70
8. Измерительный комплекс "Визир 3D" на предприятиях Украины: Геодезический контроль и выверка технологического оборудования / С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, В.Н. Ревуцкий, В.А. Пригаров // Геопрофиль. – 2009. – №3(6). – С. 12-19.

9. Могильний С.Г., Шоломицький А.А., Шморгун Є.І. Трьохкоординатний вимірювальний комплекс "Визир 3D" / Гол. ред. О.А. Мінаєв (голова) // Наукові праці Донец. нац.. тех. ун-та. – Донецьк: ДонНТУ, –2009. – Вип. 9(143). –С.13-25. – (Сер.: гірничо-геологічна).
10. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Шморгун Е.И. Кужненков Е.Е. Комплексная инспекция вращающихся печей в процессе эксплуатации Вісник Криворізького технічного університету. Зб. наук. праць Вип.. 28, –2011. –С.43-46
11. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А.,Фролов И.С. Новая технология определения геометрических и кинематических параметров вращающихся печей в процессе их эксплуатации Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Зб.наук.праць. –Львів: Видавництво національного університету „Львівська політехніка”. –2011. Вип. 1 (21) –С.125-130
12. Патент 92655, Україна. Спосіб визначення параметрів поверхні обертових агрегатів, G01B 9/00/ С.Г. Могильний, А.А.Шоломицький, а 200901785, Заявл. 02.03.2009; Опубл. 25.11.2010

9 Новые функции обработки

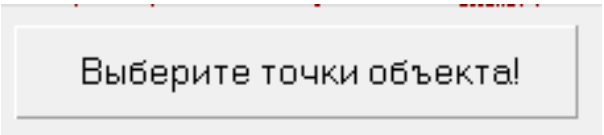
9.1 Работа с цилиндром

После уравнивания сети и перехода в систему координат объекта становятся доступны функции работы с цилиндрическими объектами

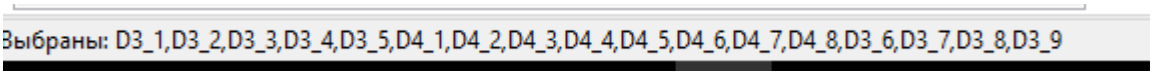


9.1.1 Поиск радиуса цилиндра

После выбора этого пункта меню появляется приглашение:



После чего необходимо курсором мыши выбрать точки в таблице, выбранные точки отображаются в статусной строке программы:



Если на последней выбранной точке нажать кнопку «Enter» на клавиатуре – на экране появится окно выбора варианта измерений:



После этого будут выполнены вычисления и на экранной форме появится протокол измерений цилиндра:

```
-----------------------------------------------------
 * * * *    Измерительная система Визир  3D    * * * *
-----------------------------------------------------

              Деталь: МалинФабрика
              Объект:
                Тип : Цилиндр
+--------+----------+----------+----------+----------+
| Точка  |   X, мм  |   Y, мм  |   Z, мм  |  dR, мм  |
+--------+----------+----------+----------+----------+
| D3_1   |  1538.63 |    16.47 |  -185.54 |    -0.04 |
| D3_2   |  1540.42 |   143.23 |  -157.84 |    -0.27 |
| D3_3   |  1541.42 |   216.35 |   -36.44 |     0.28 |
| D3_4   |  1544.70 |   181.44 |    86.86 |     0.06 |
| D3_5   |  1543.32 |    85.69 |   148.36 |    -0.09 |
| D4_1   |  1872.38 |   185.83 |    75.96 |    -0.00 |
| D4_2   |  1869.68 |   216.30 |   -10.14 |    -0.00 |
| D4_3   |  1872.89 |   145.80 |  -160.34 |    -0.07 |
| D4_4   |  1869.93 |   201.28 |   -92.74 |    -0.03 |
| D4_5   |  1858.21 |    14.63 |  -189.48 |    -0.03 |
| D4_6   |  1865.85 |   -78.38 |  -138.68 |     0.02 |
| D4_7   |  1871.13 |  -124.47 |   -14.78 |     0.02 |
| D4_8   |  1867.84 |   -89.14 |    82.02 |    -0.14 |
| D3_6   |  1544.90 |   -34.31 |   132.72 |     0.03 |
| D3_7   |  1545.69 |  -100.97 |    68.22 |    -0.04 |
| D3_8   |  1540.91 |  -118.86 |   -60.48 |     0.14 |
| D3_9   |  1539.45 |    -5.30 |  -180.38 |     0.16 |
+--------+----------+----------+----------+----------+

          Координаты центра цилиндра
    Xc =   1707.72  Yc =     46.25  Zc =    -19.79
    Средний радиус цилиндра:    170.65 мм
 Высота измерительного приспособления:      0.00 мм
    Среднее  отклонение  от цилиндра по радиусу: 0.08 мм

            Длина цилиндра:  333.74 мм

               Вектор  оси цилиндра
   +---------------+---------------+---------------+
   |    на ось X   |    на ось Y   |    на ось Z   |
   +---------------+---------------+---------------+
   |-0.99991342145 | 0.00122197739 | 0.01310176961 |
   +---------------+---------------+---------------+

                Углы вектора оси
   +---------------+---------------+---------------+
   +    к пл XoZ   +    к пл YoZ   +    к пл XoY   +
   +---------------+---------------+---------------+
   | -89° 14' 45.8"|   0°  4' 12.1"|    0° 45' 2.5"|
   +---------------+---------------+---------------+


 Высота марки :   0.0 мм    Ширина марки :  0.0 мм

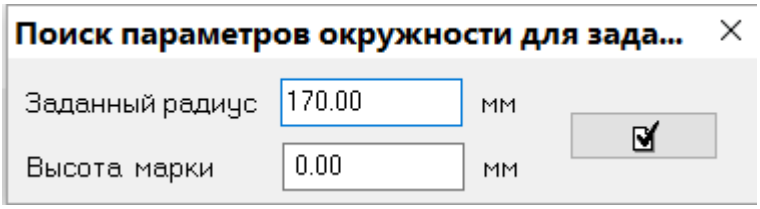

       Исполнитель: ООО "Эмпайер"

             Дата :  27.08.2016

-------------------------------------------------------------
```

9.1.2. Поиск параметров цилиндра с фиксированным радиусом

Эта функция используется, когда необходимо найти отклонения поверхности цилиндра от цилиндра, с заданным радиусом, отличается от предыдущего варианта тем, что необходимо задать радиус цилиндра и высоту измерительного приспособления:



В протоколе вычислений отклонения по радиусу dR будут даны от этого фиксированного радиуса:

```
-----------------------------------------------------
 * * * *    Измерительная система Визир  3D    * * * *
-----------------------------------------------------

                Деталь: МалинФабрика
                Объект:
                  Тип : Цилиндр
+--------+----------+----------+----------+----------+
| Точка  |   X, мм  |   Y, мм  |   Z, мм  |  dR, мм  |
+--------+----------+----------+----------+----------+
| D3_1   |  1538.63 |    16.47 |  -185.54 |     0.58 |
| D3_2   |  1540.42 |   143.23 |  -157.84 |     0.38 |
| D3_3   |  1541.42 |   216.35 |   -36.44 |     0.97 |
| D3_4   |  1544.70 |   181.44 |    86.86 |     0.75 |
| D3_5   |  1543.32 |    85.69 |   148.36 |     0.58 |
| D4_1   |  1872.38 |   185.83 |    75.96 |     0.79 |
| D4_2   |  1869.68 |   216.30 |   -10.14 |     0.61 |
| D4_3   |  1872.89 |   145.80 |  -160.34 |     0.26 |
| D4_4   |  1869.93 |   201.28 |   -92.74 |     0.41 |
| D4_5   |  1858.21 |    14.63 |  -189.48 |     0.31 |
| D4_6   |  1865.85 |   -78.38 |  -138.68 |     0.49 |
| D4_7   |  1871.13 |  -124.47 |   -14.78 |     0.76 |
| D4_8   |  1867.84 |   -89.14 |    82.02 |     0.77 |
| D3_6   |  1544.90 |   -34.31 |   132.72 |     0.69 |
| D3_7   |  1545.69 |  -100.97 |    68.22 |     0.60 |
| D3_8   |  1540.91 |  -118.86 |   -60.48 |     0.75 |
| D3_9   |  1539.45 |    -5.30 |  -180.38 |     0.78 |
+--------+----------+----------+----------+----------+

          Координаты центра цилиндра
    Xc =   1707.85  Yc =     46.27  Zc =    -19.98
    Заданный радиус цилиндра:    170.00 мм
 Высота измерительного приспособления:      0.00 мм
    Среднее  отклонение  от цилиндра по радиусу: 0.62 мм

            Длина цилиндра:  333.83 мм

               Вектор  оси цилиндра
   +---------------+---------------+---------------+
   |    на ось X   |    на ось Y   |    на ось Z   |
   +---------------+---------------+---------------+
   | 0.99990039792 |-0.00090348073 |-0.01408467144 |
   +---------------+---------------+---------------+

                 Углы вектора оси
   +---------------+---------------+---------------+
```

```
+    к пл XoZ    +    к пл YoZ    +    к пл XoY    +
+----------------+----------------+----------------+
|  89° 11' 28.8"|   -0°  3' 6.4"|  -0° 48' 25.3"|
+----------------+----------------+----------------+

Высота марки :   0.0 мм    Ширина марки :  0.0 мм

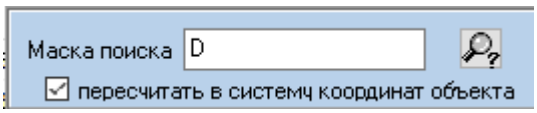
      Исполнитель: ООО "Эмпайер"

            Дата :  27.08.2016

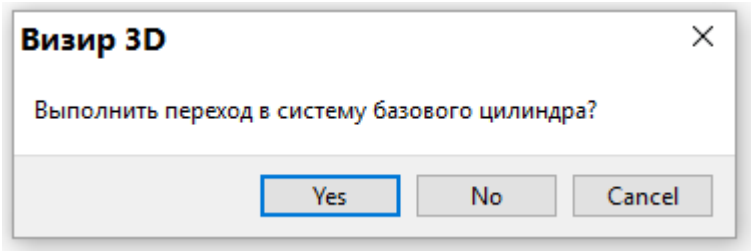
-------------------------------------------------------------
```

9.1.3 Функция выбора по маске

Эта функция имеет большие возможности, во первых, позволяет задать маску для поиска точек, что удобно при большом числе измеренных точек объекта. Маска – это символ, или последовательность символов. Если в имени точки имеется такой символ, или последовательность – то точка будет выбрана для вычислений.



Кроме того можно задать переход в систему координат объекта (базовый цилиндр), если задать пересчет в систему координат объекта, то в конце вычислений появится диалоговое окно:



Если ответить утвердительно – то все точки закладки «Измеренные точки объекта» будут перевычислены в новую систему координат.
Протокол вычислений:

```
-------------------------------------------------------
  * * * *     Исходная  система  координат     * * * *
 -------------------------------------------------------
  * * * *    Измерительная система Визир  3D    * * * *
 -------------------------------------------------------

               Деталь: МалинФабрика
               Объект:
                 Тип : Конус
 +--------+----------+----------+----------+----------+
 | Точка  |   X, мм  |   Y, мм  |   Z, мм  |  dR, мм  |
 +--------+----------+----------+----------+----------+
 | D3_1   |  1538.63 |    16.47 |  -185.54 |    -0.07 |
 | D3_2   |  1540.42 |   143.23 |  -157.84 |    -0.30 |
 | D3_3   |  1541.42 |   216.35 |   -36.44 |     0.26 |
```

D3_4	1544.70	181.44	86.86	0.03
D3_5	1543.32	85.69	148.36	-0.12
D4_1	1872.38	185.83	75.96	0.04
D4_2	1869.68	216.30	-10.14	0.03
D4_3	1872.89	145.80	-160.34	-0.05
D4_4	1869.93	201.28	-92.74	-0.01
D4_5	1858.21	14.63	-189.48	-0.01
D4_6	1865.85	-78.38	-138.68	0.05
D4_7	1871.13	-124.47	-14.78	0.06
D4_8	1867.84	-89.14	82.02	-0.09
D3_6	1544.90	-34.31	132.72	0.01
D3_7	1545.69	-100.97	68.22	-0.06
D3_8	1540.91	-118.86	-60.48	0.11
D3_9	1539.45	-5.30	-180.38	0.13

Координаты центра конуса
Xc = 1707.73 Yc = 46.26 Zc = -19.80
Средний радиус конуса: 170.65 мм
Высота измерительного приспособления: 0.00 мм
Среднее отклонение от конуса по радиусу: 0.08 мм

Длина конуса: 333.74 мм
Показатель конусности: 0.17 мм/м
Радиус начальный: 0.00 мм
Радиус конечный: 170.62 мм

Вектор оси конуса

| на ось X | на ось Y | на ось Z |
|-0.99991271261 | 0.00122081485 | 0.01315586453 |

Углы вектора оси

| к пл XoZ | к пл YoZ | к пл XoY |
| -89° 14' 34.7" | 0° 4' 11.8" | 0° 45' 13.7" |

Высота марки : 0.0 мм Ширина марки : 0.0 мм
0.0002 0.0009 0.0049 0.0004 0.0003 0.0002 0.0002

Исполнитель: ООО "Эмпайер"

Дата : 27.08.2016

Система координат объекта

Измерительная система Визир 3D

Деталь: МалинФабрика
Объект:
Тип : Конус

Точка	X, мм	Y, мм	Z, мм	dR, мм
D3_1	167.95	29.99	166.87	-0.07
D3_2	140.23	-96.77	165.60	-0.30
D3_3	18.83	-169.89	166.29	0.26
D3_4	-104.50	-134.98	164.59	0.03
D3_5	-165.98	-39.23	166.66	-0.12
D4_1	-97.91	-139.78	-163.21	0.04
D4_2	-11.78	-170.24	-161.60	0.03
D4_3	138.36	-99.75	-166.87	-0.05
D4_4	70.81	-155.22	-162.95	-0.01
D4_5	167.68	31.44	-152.73	-0.01
D4_6	116.79	124.45	-159.82	0.05
D4_7	-7.17	170.53	-163.53	0.06
D4_8	-103.92	135.20	-158.91	-0.09
D3_6	-150.37	80.76	164.73	0.01

```
| D3_7   |   -85.88 |   147.42 |   163.00 |    -0.06 |
| D3_8   |    42.87 |   165.32 |   166.07 |     0.11 |
| D3_9   |   162.78 |    51.76 |   166.09 |     0.13 |
+--------+----------+----------+----------+----------+

            Координаты центра конуса
    Xc =     -0.00  Yc =      0.00  Zc =      0.00
    Средний радиус конуса:    170.65 мм
 Высота измерительного приспособления:      0.00 мм
    Среднее  отклонение  от конуса по радиусу: 0.08 мм

            Длина конуса:  333.74 мм
          Показатель конусности:    0.17 мм/м
            Радиус начальный:  170.62 мм
            Радиус  конечный:  170.62 мм

                Вектор  оси конуса
   +---------------+---------------+---------------+
   |    на ось X   |    на ось Y   |    на ось Z   |
   +---------------+---------------+---------------+
   | 0.00000002168 | 0.00000002856 | 1.00000000000 |
   +---------------+---------------+---------------+

                Углы вектора оси
   +---------------+---------------+---------------+
   |    к пл XoZ   +    к пл YoZ   +    к пл XoY   +
   +---------------+---------------+---------------+
   |    0°  0' 0.0"|    0°  0' 0.0"|  89° 59' 60.0"|
   +---------------+---------------+---------------+


 Высота марки :   0.0 мм    Ширина марки :  0.0 мм
0.0002  0.0002  0.0050  0.0003  0.0004  0.0002  0.0002


       Исполнитель: ООО "Эмпайер"

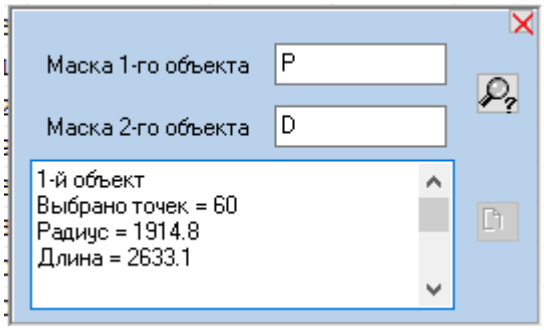
            Дата :  27.08.2016

-------------------------------------------------------------
```

9.1.4 Определение соосности объектов

Соосность объектов определяется для объектов типа Цилиндр или Конус. Первый объект является базовым – относительно него вычисляются корректирующие движения второго объекта.

Интерфейс функции похож на выбор по маске, только маска задается для двух объектов:



Протокол вычислений отображается в окне:

1-й объект Выбрано точек = 60

Радиус = 1914.8мм Длина = 2633.1мм 2-й объект Выбрано точек = 17 Радиус = 170.6мм Длина = 333.7мм Соосность объектов 1 и 2 Расстояние = 0.4 Смещение объекта 2 XY = -0.6 Смещение объекта 2 XZ = -1612.8 Поворот объекта 2 XY = -135.866 Поворот объекта 2 XZ = 90.068

9.2. Шаблоны обработки

Для совместной обработки нескольких объектов в программном комплексе «Визир 3D» имеются шаблоны обработки типовых объектов. Для описания объектов и необходимых свойств и операций используется язык описания объектов, который основан на ограниченном подмножестве языка разметки XML.

Шаблон обработки представляет собой текстовый файл, в котором с помощью ключевых слов задаются и специальных символов задаются объекты, их свойства и операции обработки. Файл шаблона обработки имеет расширение TML, пример файла приведен на рис 1

<cylinder
ID=1
mask=P
name=Янки-цилиндр
fixedR=1900.0
h=12.5
surface=1
legend=-2,-1,-0.5,0.5,1,2
sec=0.0,0.5,1.0,1.5
\>
<cylinder
ID=2
mask=C
name=Левая цапфа
h=5.0
\>
<cylinder
ID=3
mask=D
name=Правая цапфа
h=5.0
\>

Рис. Структура TML файла

Первый объект TML-файла является базовым, т.е. к его оси приводятся оси остальных цилиндров и конусов.

Параметры объекта **cylinder**

ID=1	- идентификатор объекта
mask=P	- маска объекта, символ с которого начинается имя точек, принадлежащих объекту
name=Янки-цилиндр	- имя объекта
fixedR=1900.0	- выполнить поиск фиксированного радиуса для объекта (в мм), по умолчанию выполняется поиск оптимального радиуса
h=12.5	- высота измерительного приспособления для данного объекта, в мм
surface=1	- если параметр не указан или значение равно 0 , значит, поверхность не строится
legend=-2,-1,-0.5,0.5,1,2	- задаются интервалы отклонений для поверхности: меньше самого маленького, больше самого большого, остальные интервалы определяются последовательностью чисел, числа задаются через запятую, десятичный разделитель – точка. Значения задаются в мм.
sec=0.0,500.0,1000.0,1500.0	- сечения для объекта, начиная с левого края объекта, расстояния задаются в мм

Вызов шаблона обработки производится из главного меню

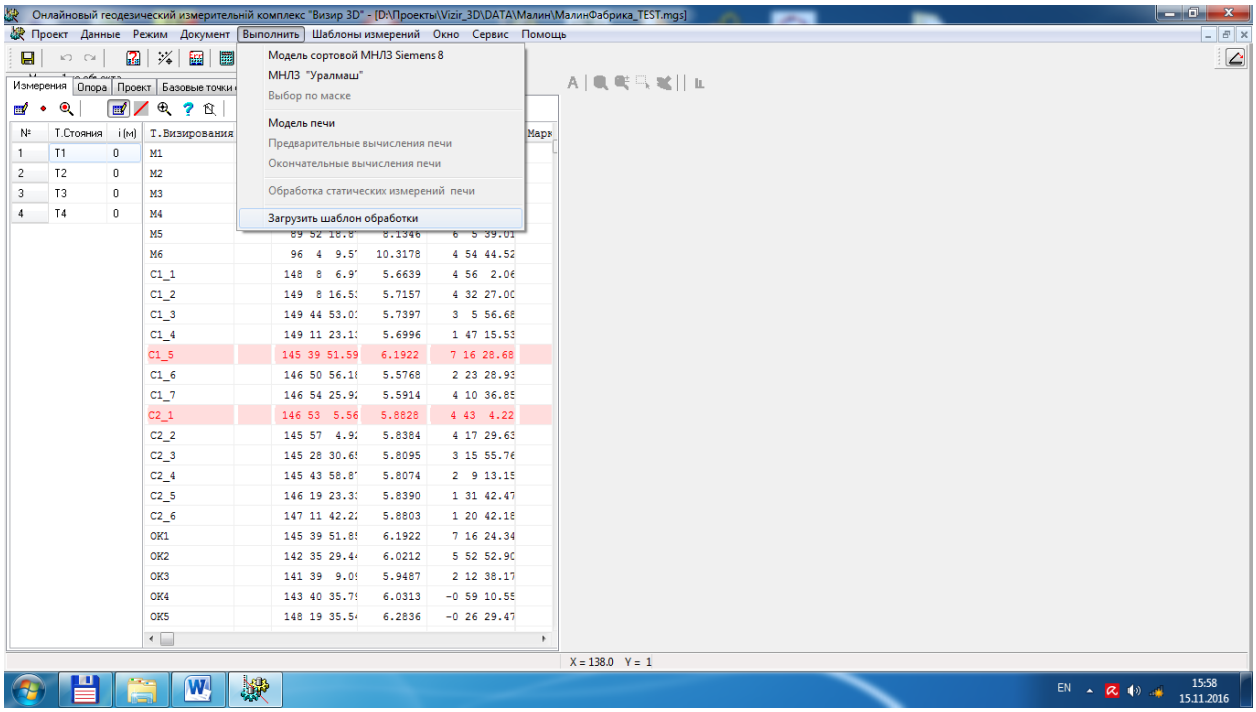


Рис. Меню загрузки шаблона обработки

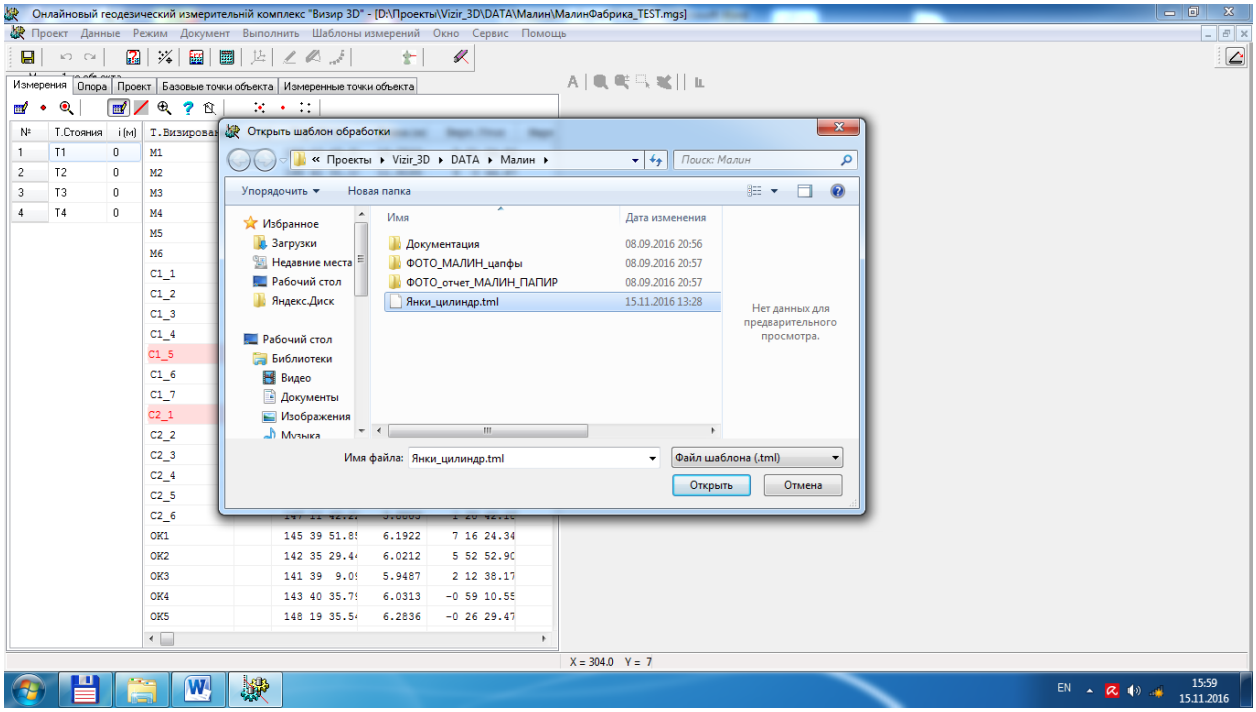


Рис. 6. Выбор шаблона обработки

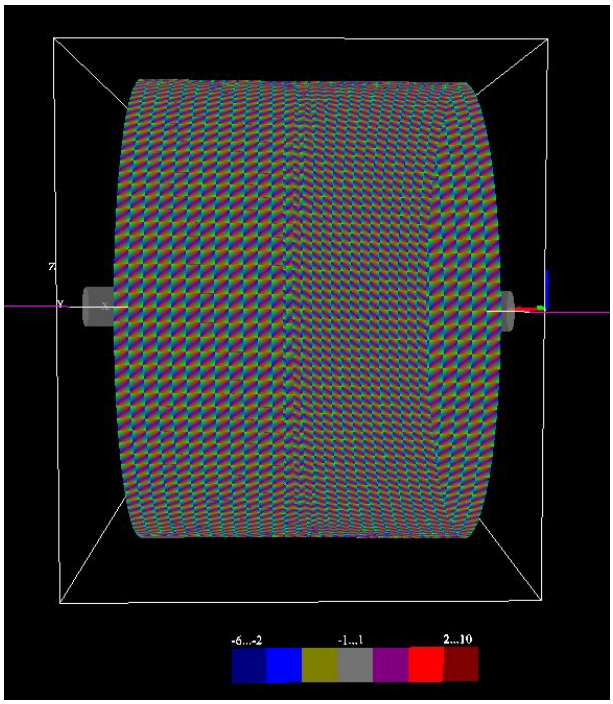


Рис. 7 Трехмерное изображение деформированной поверхность

На рис. 7 показана деформированная поверхность объекта (**surface**=1). Легенда формируется в соответствии с параметром **legend**=-2,-1,-0.5,0.5,1,2

Управление видимостью объектов осуществляется из меню **«Вид»,** рис. 8

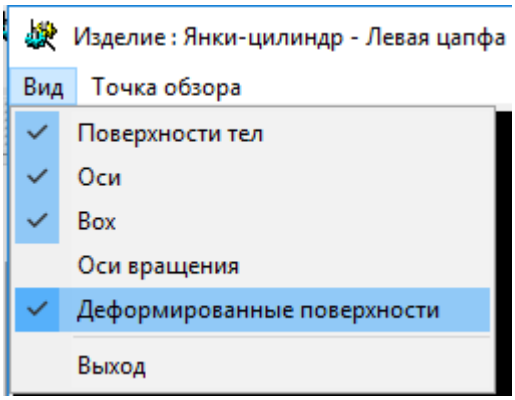


Рис. 8 Управление видимостью объектов

Если отключить видимость Деформированной поверхности (рис. 9) то будут видны объектов в виде правильных геометрических фигур (рис. 10).

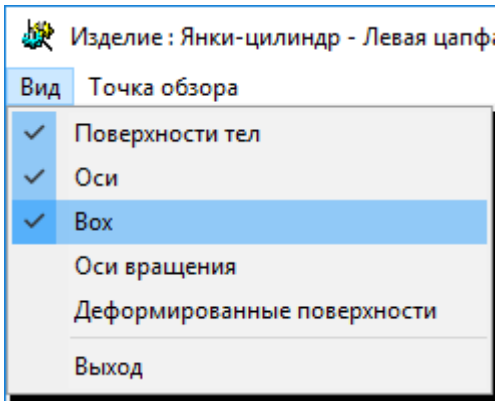


Рис. 9 Видимость объектов

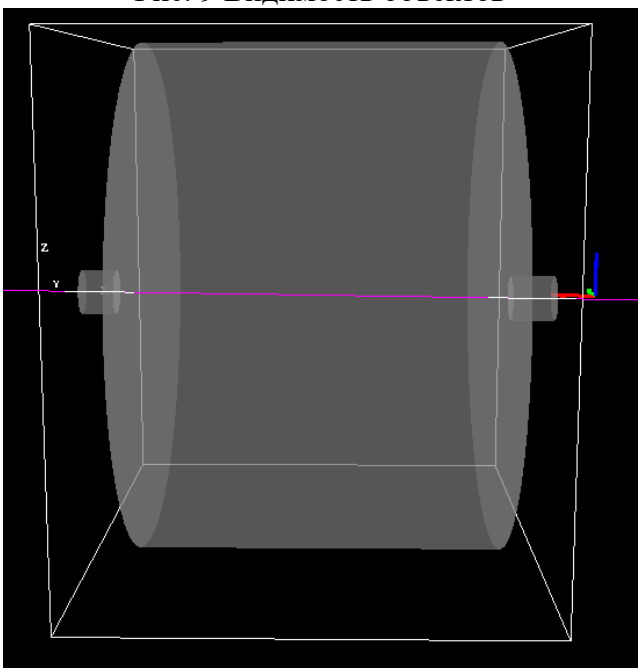


Рис. 10 Геометрические фигуры

Одновременно создается чертеж, на котором показываются вид сверху (плоскость XoY), проекция на вертикальную плоскость (XoZ) и вид (рис. 11).

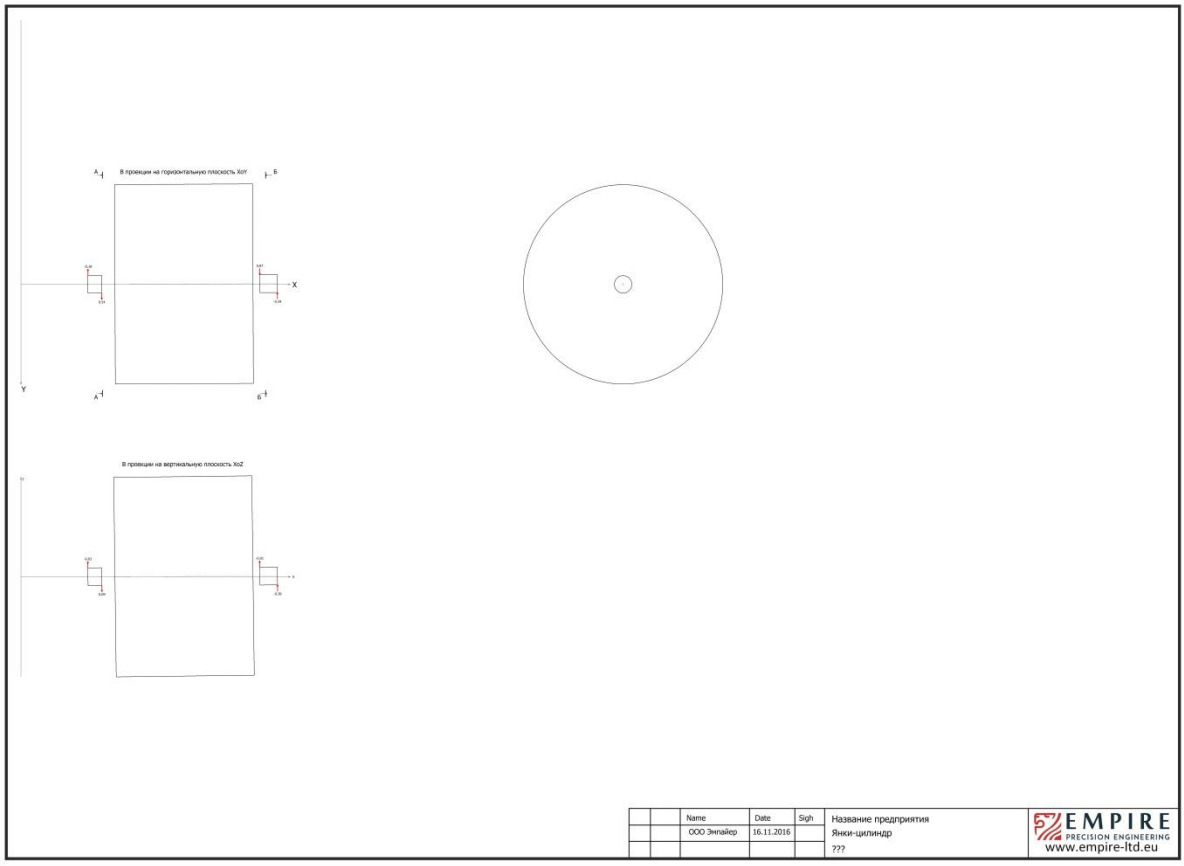


Рис. 11 Чертеж объектов

На чертеже красными стрелками показаны перемещения в горизонтальной и вертикальной плоскости для осей второстепенных объектов, которые необходимо выполнить, чтобы их оси были соосны с осью главного объекта.

9.3. Определение оси роликов по крышкам подшипников

Для определения положения оси ролика – на крышках устанавливается 4-6 отражательных марок с левой и правой стороны ролика, как показано на рис.__. Точки именуются по шаблону, состоящему из двух групп цифр, например **R1_1** или **R12_5**. Первая группа цифр, после символа R это номер ролика для данного объекта (ролик 1, ролик 12). Вторая группа цифр, после символа подчеркивания – это номер точки, измеренной на этом ролике



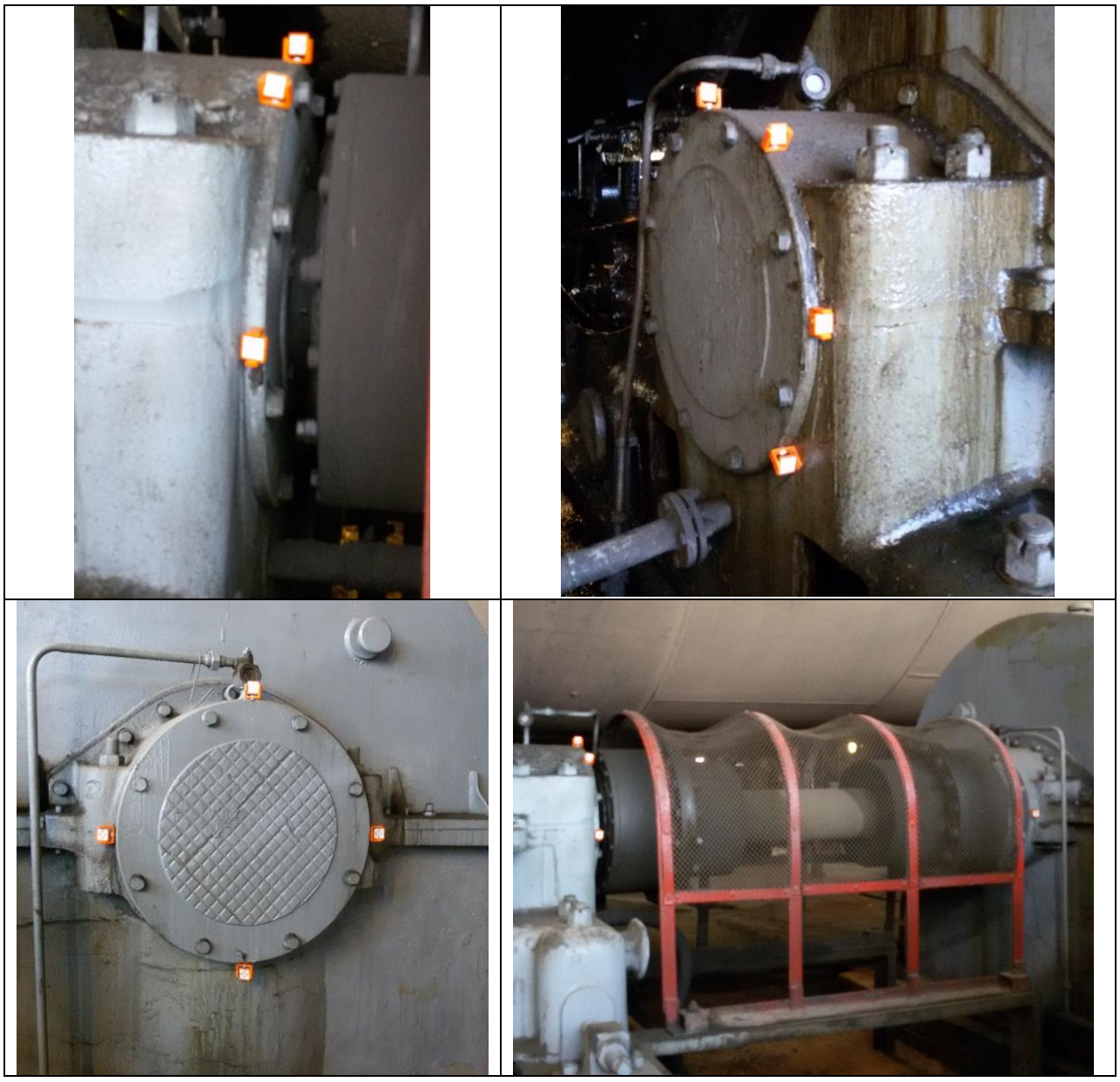

После уравнивания сети будет создаваться текстовый файл *имя проекта.**rol*** в котором построчно записаны данные: номер ролика; X, Y, Z, dH. dL, Разделителем является пробел.

```
1   4443.5847  -1289.2867  15518.3868  0.0000  0.0000
1   4438.3518  -1661.6921  15459.8338  0.0000  0.0000
1   4429.2625  -1872.9105  15281.7108  0.0000  0.0000
1   4419.5197  -1991.6077  14950.5858  0.0000  0.0000
1   4406.7872  -1912.6548  14615.5468  0.0000  0.0000
1   3817.7877  -1408.9094  15550.5708  0.0000  0.0000
1   3816.1539  -1654.2499  15488.3558  0.0000  0.0000
1   3810.2073  -1905.0612  15261.1008  0.0000  0.0000
1   3796.1269  -1994.0211  14967.0188  0.0000  0.0000
1   3783.1996  -1875.8002  14576.9318  0.0000  0.0000
2   4460.6996   1899.5330  14621.5518  0.0000  0.0000
2   4472.1195   1973.9910  14916.6088  0.0000  0.0000
2   4484.9334   1872.4069  15243.0178  0.0000  0.0000
2   4493.4172   1615.0092  15461.2548  0.0000  0.0000
```

9.4 Расчет привода

Измерения

При измерениях элементов привода необходимо выполнить установку магнитных марок на элементы привода как показано на рисунках. Число точек в сечении должно быть не менее 4-х. Рекомендуется 5-6, так, чтобы они охватывали сектор не менее 120°, желательно 180° и более.



Имена точек необходимо задавать символьными масками в шаблонах, например:

VR1 – точка 1 вала редуктора
PV3 – точка 3 подвенцовой шестерни

Выделять левое и правое сечение не нужно, это выполняется программой. Сочетание символов должно позволять однозначно выбрать точки элемента из списка измеренных точек. Маски можно формировать самостоятельно для каждого объекта – маски задаются в файле шаблона обработки (см. далее).

Вычисления

Для вычисления параметров привода в программе используются шаблоны обработки привода. Для вызова шаблона на обработку необходимо использовать команду «Расчет привода», главного меню программы «Выполнить».

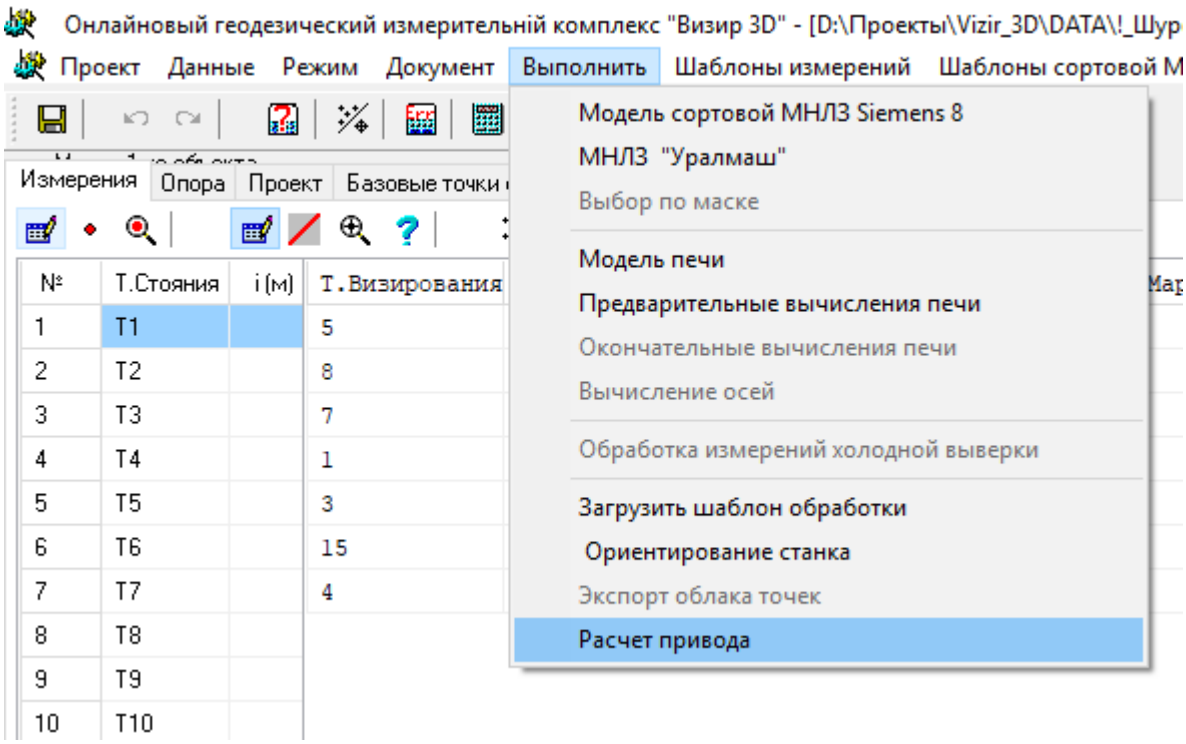


Рис. Команда «Расчет привода» главного меню

Выбирается необходимый шаблон обработки (рис.__) расширение файла ***.tml***.

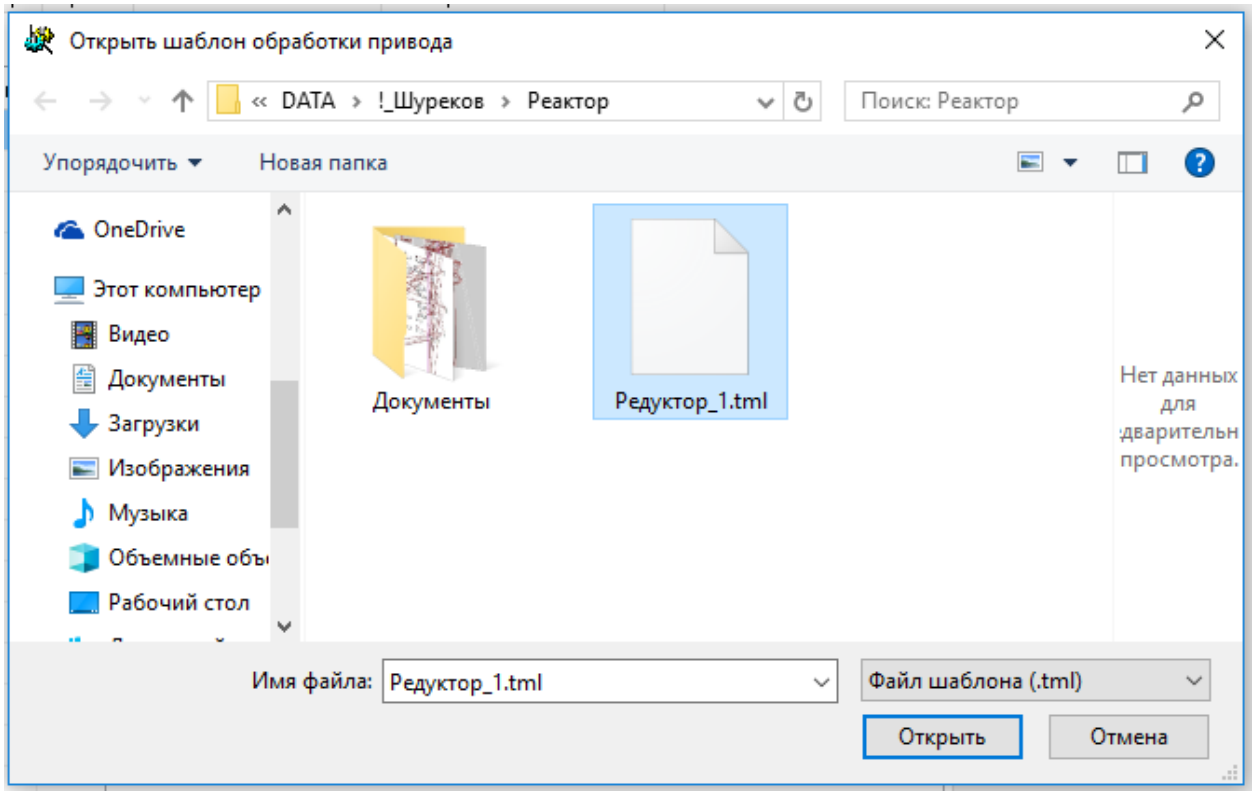


Рис. Выбор шаблона обработки

После выбора шаблона происходит обработка в фоновом режиме. На экране появится одно информационное сообщение о числе объектов в шаблоне обработки (рис. __):

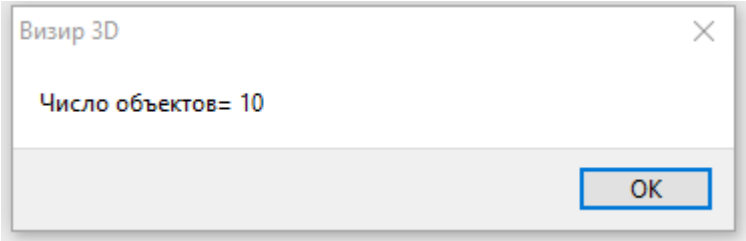


Рис. __ Информационное сообщение

Это сообщение информирует, что файл шаблона обработки прочитан и синтаксический анализатор выделил некоторое число объектов. После ответа на это сообщение на экране появится чертеж с параметрами положения привода – это зависит от настройка ассоциаций в операционной системе.

В результате обработки шаблона создается файл чертежа, он имеет такое же имя, как и файл шаблона и расширение .JPG (рис. __). и файл отчета, в котором записаны результаты вычислений этого шаблона (рис. __)

Таблица 1

№	Название файла	Определение	Рисунок
1	Редуктор_1.tml	Файл шаблона обработки	
2	Редуктор_1.jpg	Файл чертежа привода	
3	Редуктор_1.txt	Файл отчета	

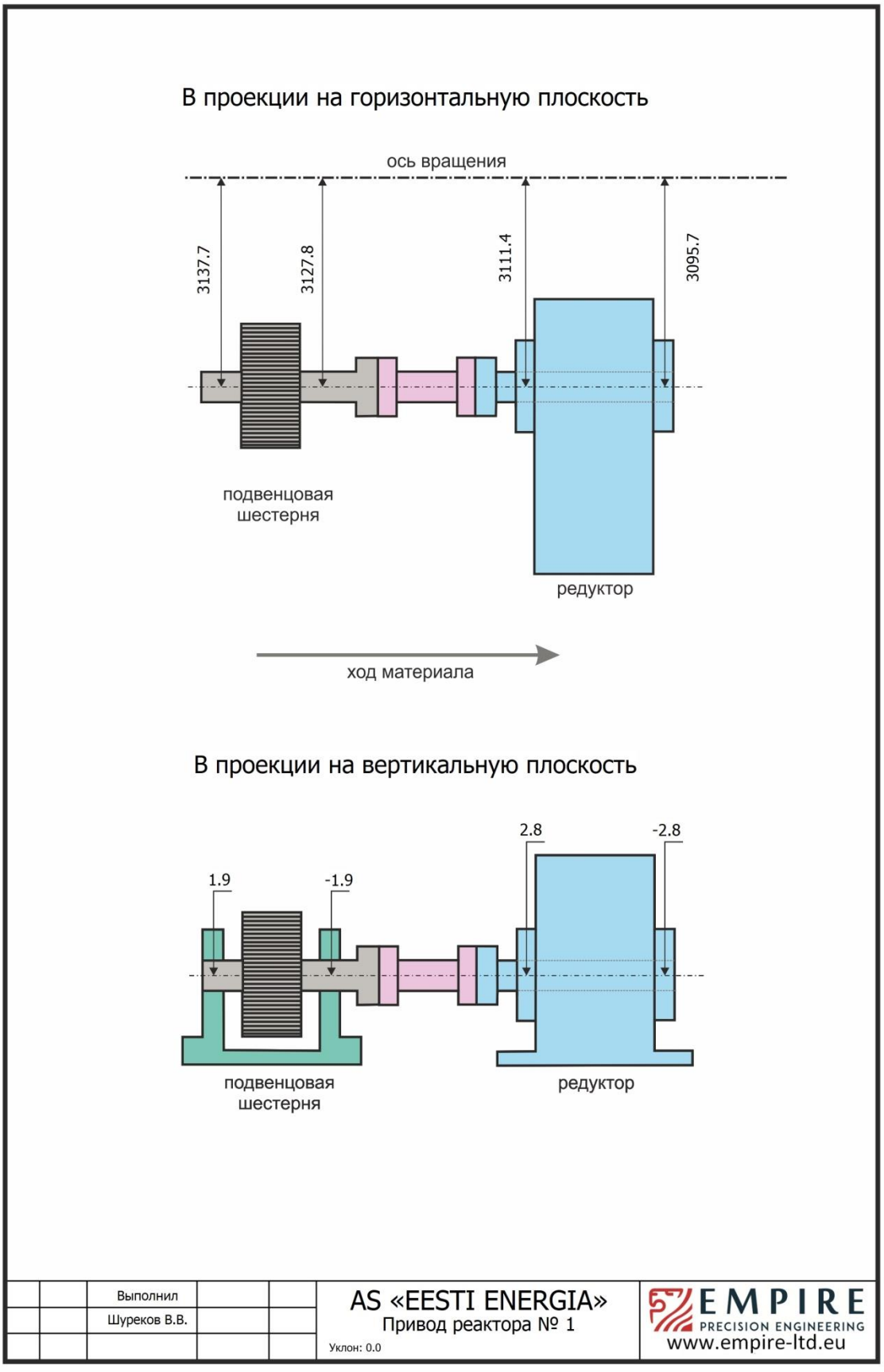


Рис. __ Чертеж привода

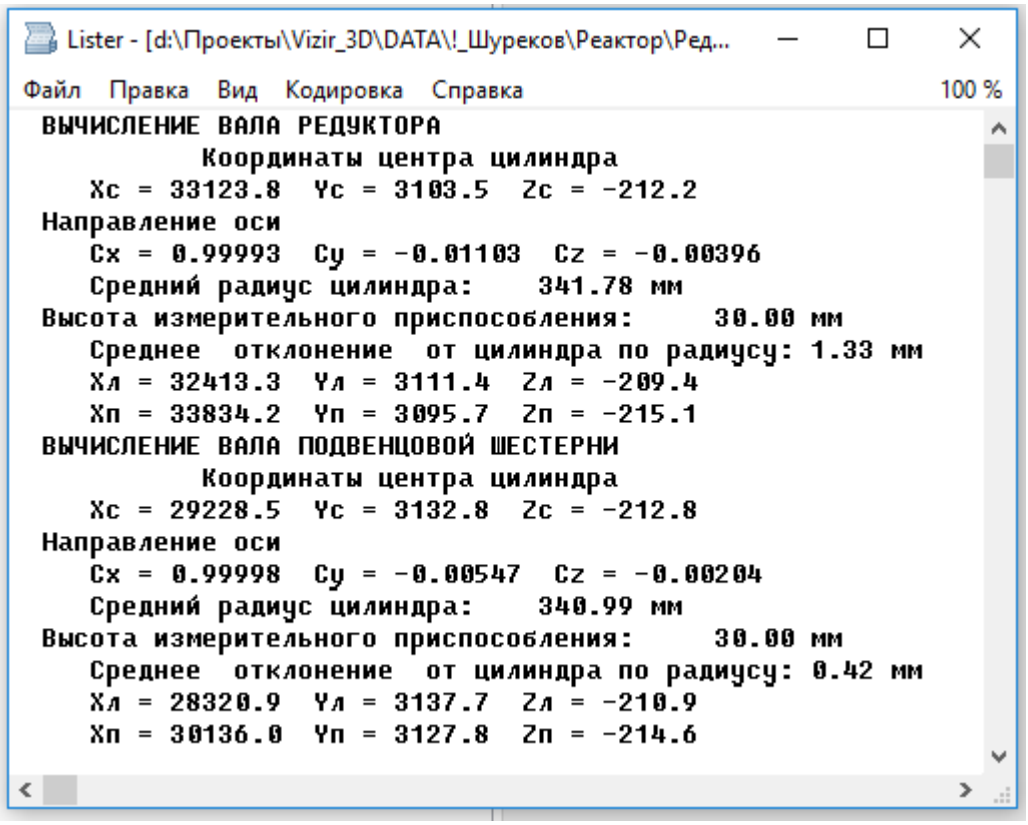


Рис. __ Файл отчета

Создание файла шаблона обработки

Файл шаблона обработки является подмножеством языка XML для конкретной области, и реализует для этой области язык описания объектов и операций, основанный на контекстно-свободной грамматике. Пример файла и пояснения приведены в таблице 2.

Ситаксис команды	Описание
<***template*** ***pathf***=d:\Проекты\Vizir_3D\Шаблоны\Редуктор1_A4P.jpg \>	- операция загрузки шаблона чертежа, в который будут заноситься результаты вычислений ***pathf*** **–** полный путь к файлу
<*cylinder* ; редуктор **ID**=1 **mask**=RR **h=**30.0 **point**=1;1560;2115;0;30 **point**=2;1900;2115;0;30 **point**=3;1530;770;90;30 **point**=4;2000;770;90;30 \>	– команда на обработку цилиндра – **ID** объекта, 1 – главный объект – маска выбора точек объекта – высота измерительной марки – точка вывода результатов: номер, *x*, *y*, угол, размер шрифта

	x, y – координаты текста в пикселах, при выводе в файл шаблона чертежа (можно определить в Paint – координаты курсора).
<***cylinder***; подвенцовая шестерня **ID**=2 **mask**=RP **h=**30.0 **point**=1;780;2240;0;30 **point**=2;1080;2240;0;30 **point**=3;775;800;90;30 **point**=4;1035;800;90;30 \>	ID=2 – «подчиненный» объект
<***text*** **string**=В проекции на горизонтальную плоскость **point**=1;1270;280;0;45 \>	– команда вывода текста – строка вывода – точка вывода (задает центр выводимой строки)
<***text*** **string**=В проекции на вертикальную плоскость **point**=1;1270;1950;0;45 \>	
<***slope***=0.0 **point**=1;1120;3410;0;20 \>	–задание уклона для объекта – точка вывода информации об уклоне на чертеже
<***text*** **string**=AS «EESTI ENERGIA» **point**=1;1430;3290;0;50 \>	
<*text* **string**=Привод реактора № 1 **point**=1;1430;3350;0;35 \>	
<***text*** **string**=Выполнил **point**=1;600;3280;0;25 \>	
<***text*** **string**=Шуреков В.В. **point**=1;600;3340;0;25 \>	

Символы языка (команды) могут задаваться в любой последовательности, выполнение команд не зависит от порядка в файле шаблона обработки.

Ограничения:

– файл шаблона чертежа может быть 1, если будет несколько – будет использован последний

– Объектов может быть два (ID=1 и ID=2), ось в проекции на вертикальную плоскость строится от объекта с ID=1

Расположение файлов:

- файлы шаблонов чертежей целесообразно расположить в отдельной папке, например ШАБЛОНЫ.

– файлы шаблонов обработки желательно хранить в папке проекта для данного объекта, в этом случае чертеж и отчет будут создаваться в этой папке.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение А. Файл настроек системы

Файл находится в корневом каталоге системы и называется “***Vizir_3D.ini”,*** файл может редактироваться, подстраивая настройки программы на пользователей конкретной организации и используемые инструменты. Далее курсивом будут даны комментарии и рекомендации по настройке системы.’

```
[Исполнители]
1=Уманский А.Л.
2=Наставальский Д.

[Инструменты]
1=NET1200
2=SET3X
3=SRX
4=Leica 1200

[NET1200]
MO=0
Type=0
MA=1
MB=1
MD=0.6
MI=0
MV=0
ppm=2
МаскаВУ=4
МаскаГУ=4
ПОРТ=COM8
СКОРОСТЬ=9600
БИТ=8
СТОПБИТ=1
RIT=100
RTM=100
RTTC=100
b=0
c=0
d=0
e=0.0
f=0
g=1
h=1
```

```
i=0
j=2
k=0
l=0
m=0

[SET3X]
MO=0
Type=0
MA=3
MB=3
MD=2
MI=0
MV=0
ppm=3
МаскаВУ=3
МаскаГУ=3
ПОРТ=COM5
СКОРОСТЬ=9600
БИТ=8
СТОПБИТ=1
RIT=100
RTM=100
RTTC=100
b=0
c=0
d=0
e=0.0
f=0
g=1
h=1
i=0
j=2
k=0
l=0
m=0

[История]
1=d:\Проекты\3D_vizir\DATA\1.mgs
2=D:\Проекты\3D_vizir\DATA\Подушка 2НКМЗ.mgs
3=D:\Проекты\3D_vizir\DATA\Подушка2.mgs
4=D:\Проекты\3D_vizir\DATA\Подушка1.mgs
5=
```

```
[Online]
Port=8
Speed=9600
Bits=8
SBit=0
Parity=0
Time=500
TimeOuts=50
inBuf=2024
outBuf=2024
dAngle=10
dLine=0.4
Max=50


[Тип_Данных_1]
0=0
1=97
2=0
3=93
4=75
5=95
6=0
7=50

[Штанги]
Большая штанга=417.37;592.30;
Малая штанга=200.0;231.7;
Штанга НКМЗ=97.0;421.2;


[Марки]
ВО=0.0;0.0;;Безотражательно
ВМ1=106.47;49.7;D:\Проекты\3D_vizir\DATA\Марки\БМ1.bmp;
Большая магнитная марка
КМ1=11.90;0.0;D:\Проекты\3D_vizir\DATA\Марки\КМ1.bmp;Кр
углая магнитная марка
ВМ2=106.06;49.7;D:\Проекты\3D_vizir\DATA\Марки\БМ1.bmp;
Большая магнитная марка
КОК-1=76.3;10.35;;Магнитная SOKKIA RS50N

[Вешки]
Большая=0.537
Средняя=0.2937
```

```
Малая=0.1818
Нет=0.0
```

[ПАРАМЕТРЫ]

```
Редактор=Winword
```

[Исполнители] – *секция исполнители, формирует комбинированный список исполнителей, который имеется на форме задания параметров нового проекта (может редактироваться)*

[Инструменты] – *секция инструменты, которая формирует список инструментов для нового проекта.*

[ПАРАМЕТРЫ] – *секция, которая определяет, какой внешний редактор использовать для форматирования и вывода на печать*

[СВЯЗЬ] *– секция параметров связи с тахеометром по умолчанию (если какой либо из параметров связи не будет задан для конкретного инструмента – он будет взят из этой секции).*

[ТОЧНОСТЬ] – *секция, которая определяет точность по умолчанию MA– точность измерения горизонтального угла (сек), MB– точность измерения вертикального угла(сек), MD– точность измерения длины (мм), MI– точность измерения высоты инструмента (мм), MV– точность измерения высоты визирования).*

[NET1200] – *секция настроек электронного тахеометра (редактирование не желательно);*

[История] – *секция истории проектов, создается и редактируется программно;*

[Штанги] – *секция штанг, содержит список используемых штанг, содержит два расстояния для каждой штанги, создается и редактируется программно;*

[Тип_Данных_1] – *эта секция содержит настройку по умолчанию ширины колонок таблицы измерений;*

[Марки] – *эта секция содержит список используемых марок. Слева от знака равенства стоит имя марки, а справа, через точку с запятой, перечислены: высота марки, ширина, путь к рисунку марки в формате BMP (max 120×150 пикселей) и описание марки.*