

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт
Кафедра Технологии машиностроения

Изучение диагностической системы Ballbar Q10

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Тула 2019

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

Система QC10 Ballbar компании Renishaw и прилагаемое к ней программное обеспечение обеспечивают диагностику геометрических ошибок, имеющих место на станках с ЧПУ, а также ошибок, порождаемых самой системой ЧПУ и приводами станка. Система реализует метод проверки точности и постоянства отработки круговой траектории, предусмотренный ГОСТ 30544-97.

Аппаратная часть системы QC10 Ballbar состоит из:

Измерительный датчик ballbar (в переводе “стержень с шариками”) (рис. 1) является главным компонентом системы Ballbar QC10. Он представляет собой прецизионный линейный преобразователь, изменение длины которого может быть точно измерено в пределах перемещений ± 1 мм относительно его номинальной длины. Технические характеристики датчика приведены в табл. 1.

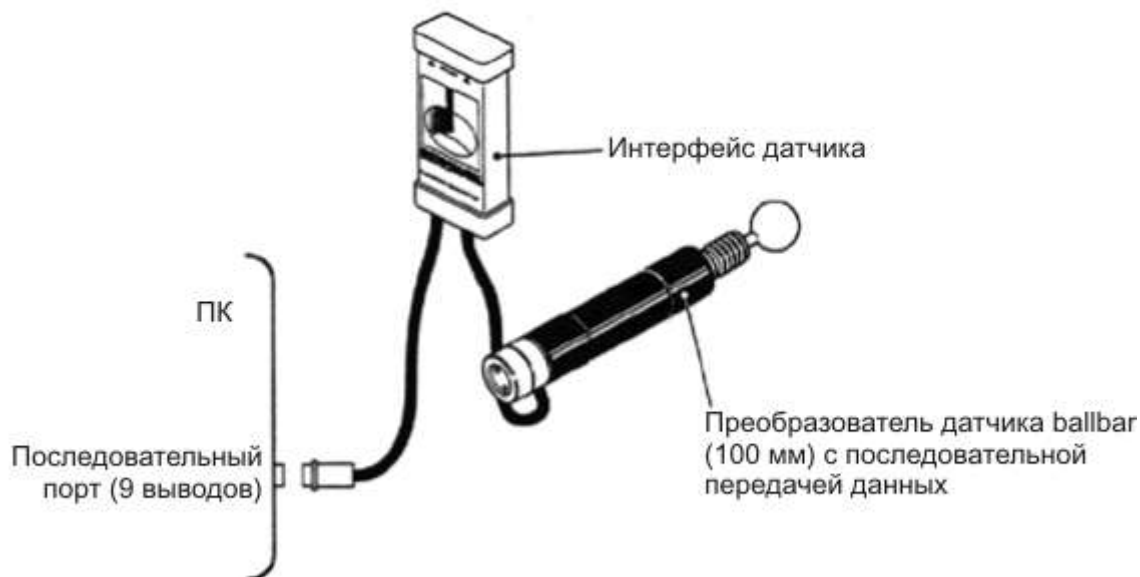


Рисунок 1- Измерительный датчик ballbar

Таблица 1

Технические характеристики датчика ballbar	
Наименование параметра	Характеристика
Частота считывания	250 считываний/с (максимум)
Номинальная длина	100 мм (между центрами шариков)
Перемещение	от $-1,25$ до $+1,75$ мм
Разрешение	$0,1$ мкм
Диапазон измерений	± 1 мм
Точность	$\pm 0,5$ мкм (при 20°C) $\pm (0,8 \text{ мкм} + 0,4\% \text{ показания})$ при $0^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$

Датчик генерирует электрические сигналы, которые преобразуются электронными устройствами в форму, допускающую их передачу в программное

обеспечение. Это позволяет измерять и анализировать самые незначительные изменения номинальной длины датчика. Датчик ballbar подсоединяется к одному из последовательных портов компьютера через интерфейс. Интерфейс датчика включает в себя электронные схемы, работающие от батареи с напряжением 9 В, которые отслеживают изменение длины датчика и передают считываемые данные в компьютер через последовательный порт.

Программное обеспечение считывает данные с интерфейса датчика с максимальной частотой 250 считываний в секунду. При более низких скоростях подачи автоматически выбирается более низкая частота считывания, чтобы не создавать файлы слишком больших размеров

Номинальная длина датчика 100 мм. Для увеличения номинальной длины датчика можно использовать специальные удлинители (рис. 2). Использование укороченных датчиков ballbar оптимально для выявления ошибок подачи, особенно с динамическим сбором данных на высокой скорости подачи. Увеличение длины датчика ballbar повышают чувствительность системы при выявлении геометрических погрешностей (например, отклонения от перпендикулярности). Размеры станка могут накладывать ограничение на наибольшую допустимую длину датчика.



Рисунок 2 - Удлинитель датчика ballbar

Калибратор Zerodur (рис. 3) является дополнительной принадлежностью системы Ballbar и предназначен для калибровки длины датчика ballbar.

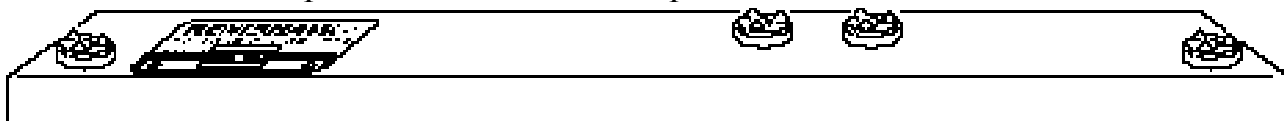


Рис. 3 Калибратор Zerodur

Калибратор используется перед выполнением сбора данных. Это позволяет производить измерения точной длины датчика и, таким образом, показывать на графиках измеренные абсолютные значения. При представлении результатов тестирования в соответствии со стандартом ISO 230-4 также могут быть рассчитаны значения отклонения от радиуса. Если калибратор не используется, то программе известно только номинальная длина датчика ballbar, и расчет этих значений становится невозможным. Калибратор изготавливается из материала с нулевым коэффициентом теплового расширения. Калибратор Zerodur

поставляется в защитной коробке. Использовать калибратор следует не вынимая из этой коробки.

2.2 РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Программа Ballbar позволяет:

- Выполнять ballbar-диагностику
- Просматривать результаты
- Просматривать историю станка
- Настраивать конфигурацию системы

При запуске программы Ballbar на экран выводится список опций:

Экспресс - тест

Оператор

Расширенный режим

Настройка

Опции различаются набором доступных оператору возможностей (рис. 4). Режим для опытных пользователей (расширенный режим) является наиболее мощным режимом работы и предназначен для опытных операторов. Этот режим позволяет проводить ballbar-диагностику, просматривать результаты и отчеты об истории станка.

В этом режиме можно выполнять следующие операции:

- задавать условия выполнения ballbar-теста;
- просматривать результаты теста;
- сохранять тесты в виде шаблонов для последующего использования в режиме оператора;
- создавать папки станков, в которых будут храниться шаблоны и результаты. Используя опцию 'Просмотр истории станка', можно создавать и удалять отчеты об истории станка и задавать предельные значения допустимых ошибок станка (поля допуска).

Опция "Просмотр результатов теста" позволяет выводить и анализировать сохраненные ранее отчеты тестирования станков в соответствии с требованиями любого существующего стандарта (пример рисунок 5).

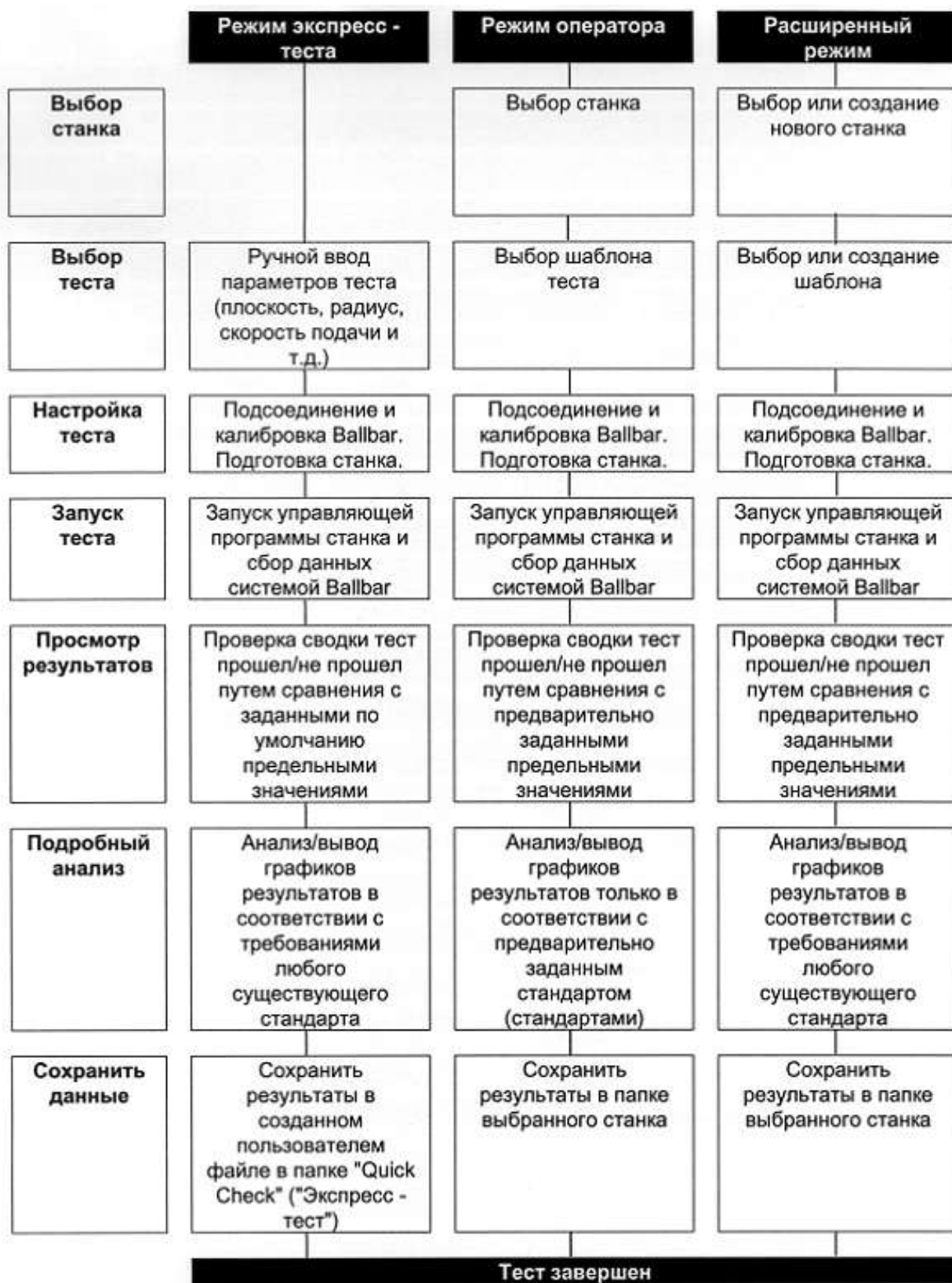


Рисунок 4 - Порядок проведения диагностики и доступные функции при различных режимах.

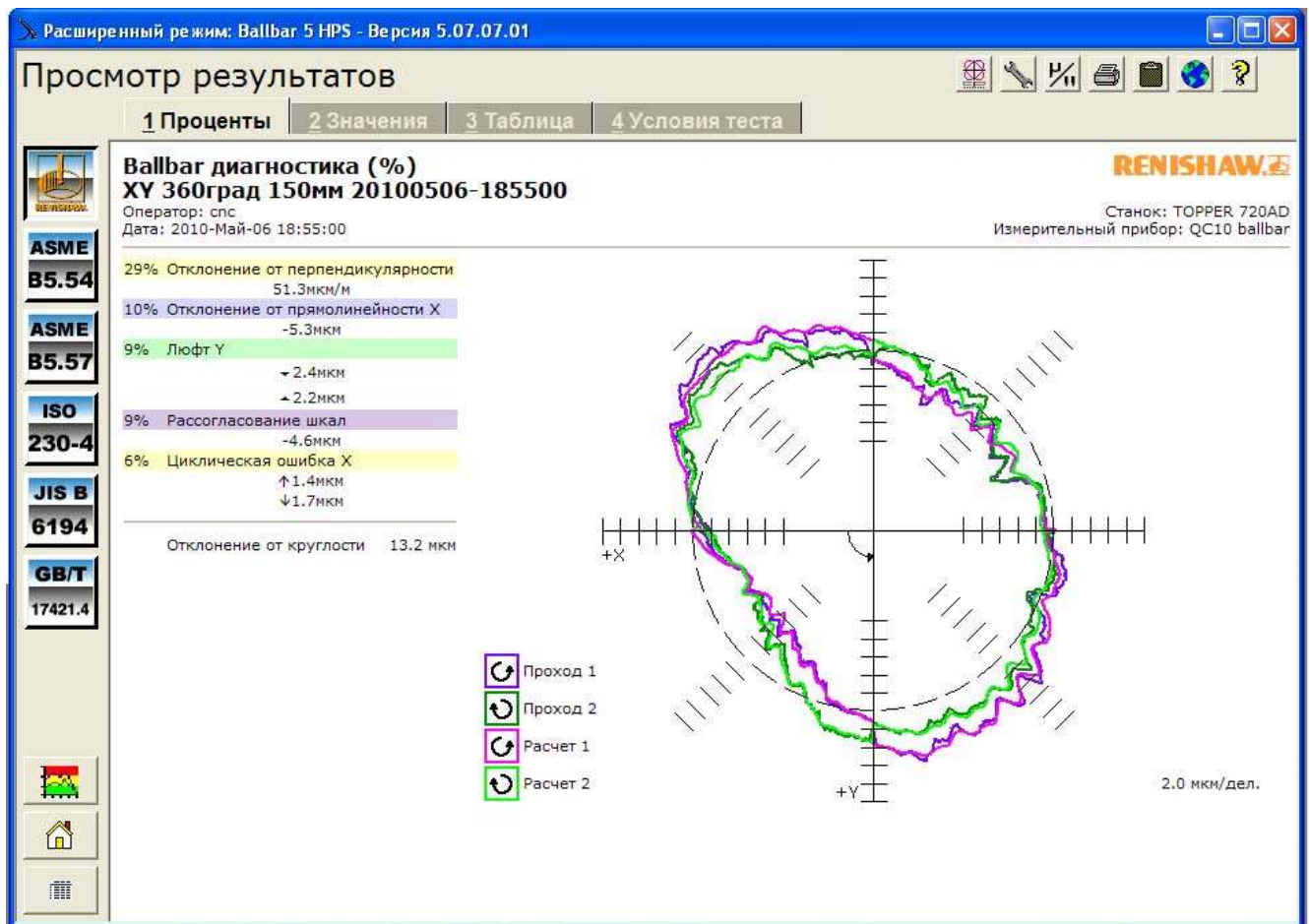


Рисунок 5- Просмотр и анализ результатов теста

2.3 УСТАНОВКА на станке

2.3.1 Проверка фрезерного станка.

2.4 ЭКРАННЫЕ МЕНЮ

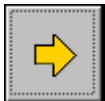
Экранные меню для различных режимов работы имеют ряд общих кнопок:



‘Возврат’ для перехода к исходной странице используемого рабочего режима.



‘Назад’. Эта кнопка служит для возврата к предыдущей странице.



‘Вперед’. Эта кнопка служит для перехода к следующей странице экрана после ввода необходимых параметров.

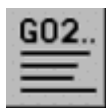


‘Справка’. Эта кнопка служит для вызова электронной справки.



‘Буфер обмена’. Эта кнопка доступна на страницах ‘Анализ результатов’ и ‘Просмотр истории станка’. При нажатии этой кнопки содержимое отчета копируется в буфер обмена операционной системы Windows.

Впоследствии содержимое буфера может быть вставлено в документ Microsoft Word XP или Word 2000.



Кнопка 'Генератор управляющих программ'. Для того, чтобы упростить задачу написания управляющей программы, можно воспользоваться генератором управляющих программ, который выполнит эту процедуру автоматически. Эта кнопка доступна на страницах 'Настройка параметров теста - 2' и 'Сводка параметров теста'.

В расширенном режиме и режиме экспресс - теста эта кнопка используется для вызова генератора управляющей программы. В режиме оператора эта кнопка используется для просмотра управляющей программы.



Кнопка 'Пользовательская настройка'. Эта кнопка доступна на страницах 'Анализ результатов' и 'Просмотр истории станка'. Нажмите эту кнопку на странице 'Анализ результатов' для выбора диалогового окна 'Параметры графика в полярных координатах'.



Кнопка 'Язык отчета'. Эта кнопка позволяет выбрать язык, на котором будет представлен отчет.



Кнопка 'Просмотр'. После того как отчет о результатах тестирования был сохранен в окне 'Запуск теста' или был выделен в окне 'Выбор отчета', нажмите эту кнопку для вывода этого отчета на экран. Теперь данные теста можно проанализировать.



Кнопка 'Моделирующая программа'. Эта кнопка доступна на страницах режимов 'Анализ результатов'. При нажатии этой кнопки происходит обращение к моделирующей программе. При этом автоматически осуществляется ввод в программу диагностических значений из выведенного на экран отчета по тесту.



Эта кнопка позволяет вывести элементы в виде иконок большого размера.



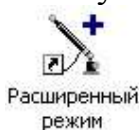
Эта кнопка позволяет вывести элементы в виде иконок небольшого размера.



Эта кнопка позволяет вывести элементы в виде списка.

РЕЖИМ ОПЕРАТОРА

Для запуска расширенного режима (режима оператора) используется



иконка . При ее нажатии появляется экранное меню (рис. 6), позволяющее выбрать и запустить одну из опций:

Настроить и запустить тест.

Просмотр результатов.

Просмотр истории.



Рисунок 6- Экранное меню программы Ballbar 5HPS. Расширенный режим.

Рассмотрим их по порядку. При выборе опции Настроить и запустить тест на экране появляется окно Выбрать станок (рисунок 7). В этом окне можно выполнить следующие действия:



запустить экспресс-тест
добавить станок

редактировать параметры теста

удаление теста

редактировать категории

импортировать каталог станков

Для выполнения необходимого действия нажимаем соответствующую кнопку или дважды щелкаем значок "Образец станка" или "Экспресс-тест".

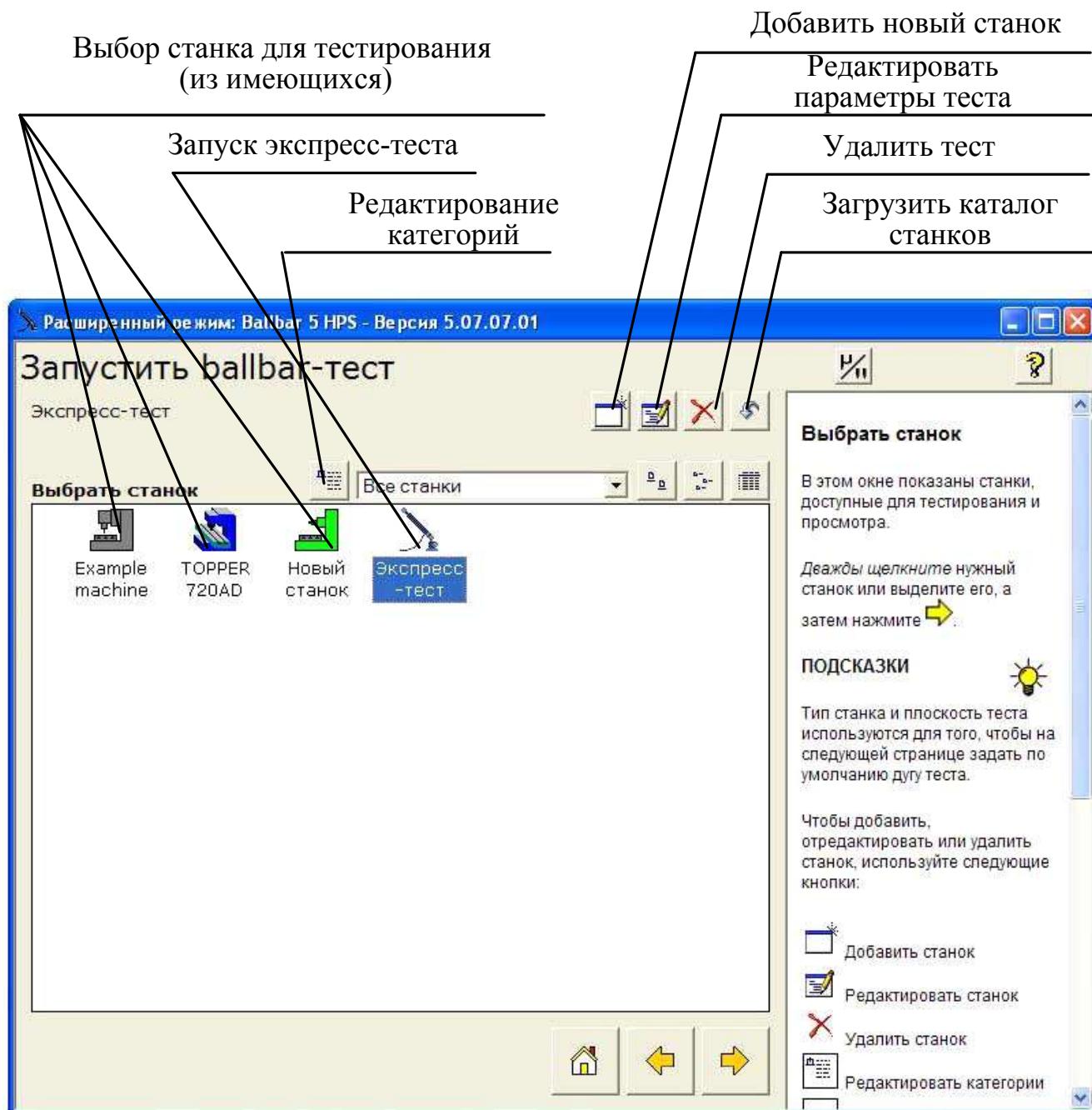


Рисунок 7.- Окно Выбрать станок

При нажатии на кнопку 'Добавить станок' появляется следующий экран (рис.8). В это окно вносятся информация о станке и назначается иконка для отражения в окне Выбрать станок.

При нажатии на кнопку 'Редактировать данные станка' появляется следующий экран (рис. 9). В нем можно изменить данные уже имеющегося в списке станка (иконка станка должна быть выделена).

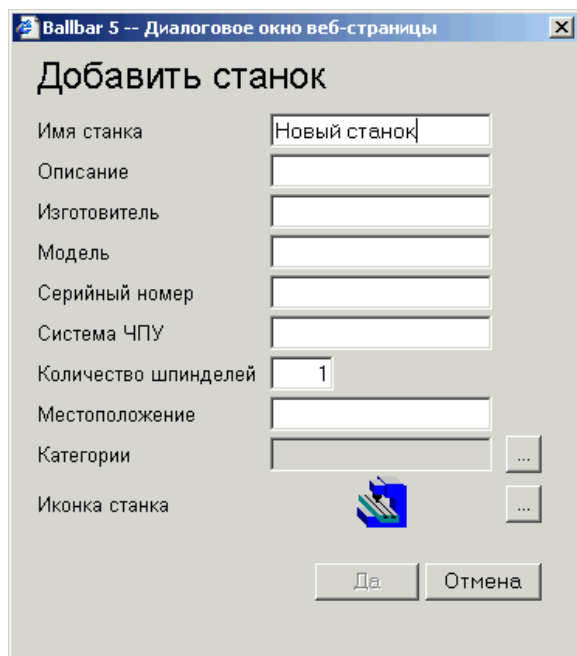


Рисунок 8 - Экран “Добавить станок”

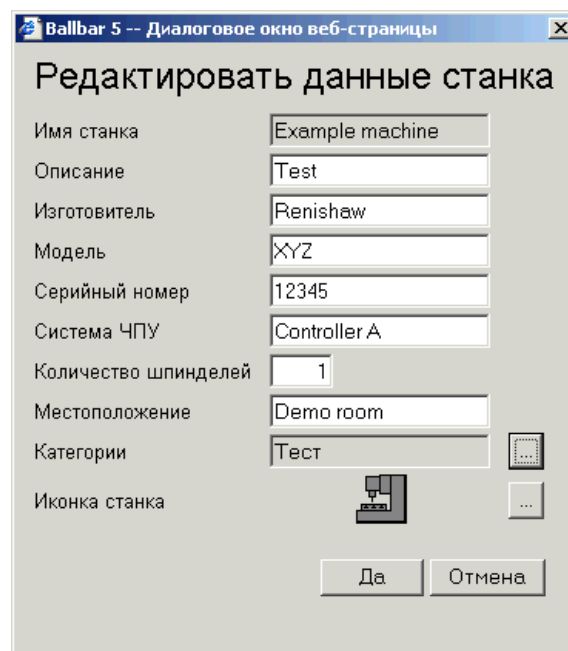


Рисунок 9- Экран Редактировать данные станка”

При нажатии на кнопку “Удаление теста” удаляются данные о станке, иконка которого была выделена (результаты ранее проведенных тестов этого станка остаются).

При нажатии на кнопку “Редактировать категории” появляется экран рис. 10. Использование категорий позволяет систематизировать станки по группам, что облегчает хранение и повторное обращение к информации о станках. Например, если система ballbar используется для мониторинга эксплуатационных параметров станков на большом заводе, то удобно задать категории, определяющие местоположение различных станков (цех А, цех В, здание F и т.п.). Другой пример: обслуживающая компания, осуществляющая калибровку и техническое обслуживание станков на многих предприятиях, может задать категории, соответствующие названиям этих предприятий. На практическом занятии можно создать категорию с индексом группы.

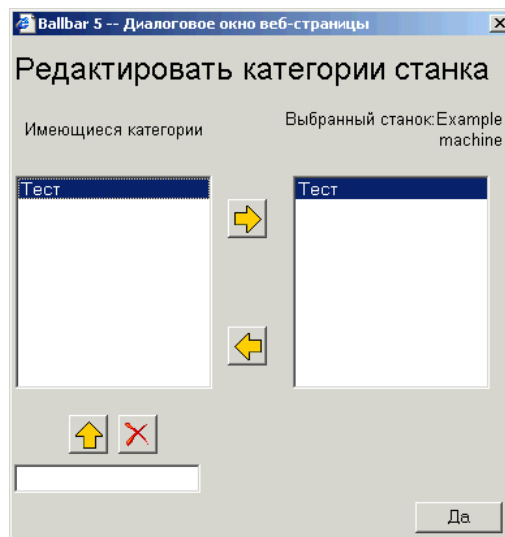


Рисунок 10 - Экран “Редактировать категории станка”

После того как выбран станок, нажимаем кнопку  (ВПЕРЕД) попадаем в следующее окно “Запустить ballbar-тест” (рис. 11.)

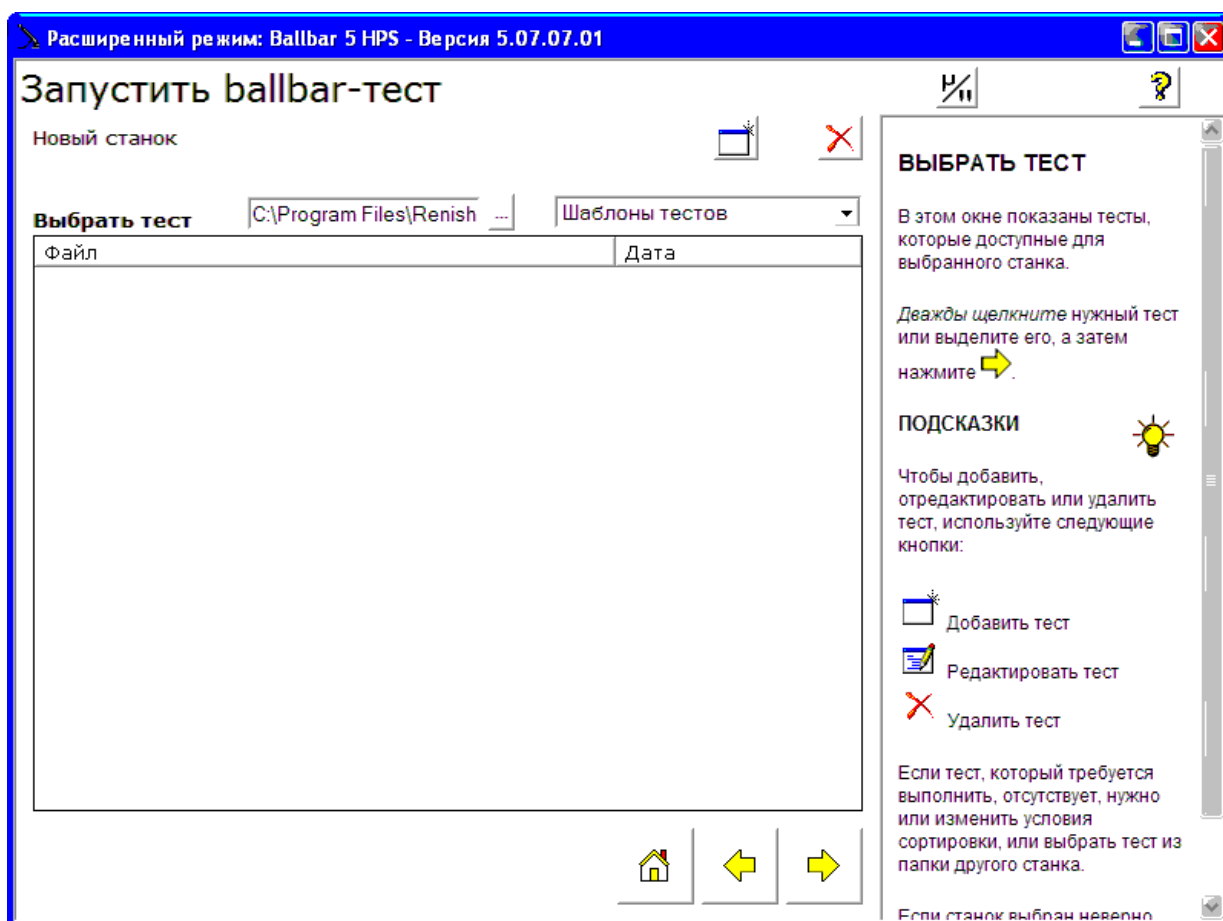


Рисунок 11 - Окно Запустить ballbar-тест”

Поскольку станок новый, то шаблоны тестов для него отсутствуют. Если ранее проверялись аналогичные станки, то шаблоны проверок можно

скопировать. В противном случае тест надо создать. Переход к созданию теста производится нажатием кнопки “Добавить тест” . Окно настройки теста выглядит следующим образом (рис. 12.) Область “Тип станка” позволяет выбрать тип станка:

- с вертикальным расположением шпинделя и крестовым прямоугольным столом (вертикально-фрезерный, вертикальный координатно-расточной и т.п.);
- с горизонтальным расположением шпинделя и крестовым столом (горизонтально-фрезерный);
- токарный;
- токарный карусельный.

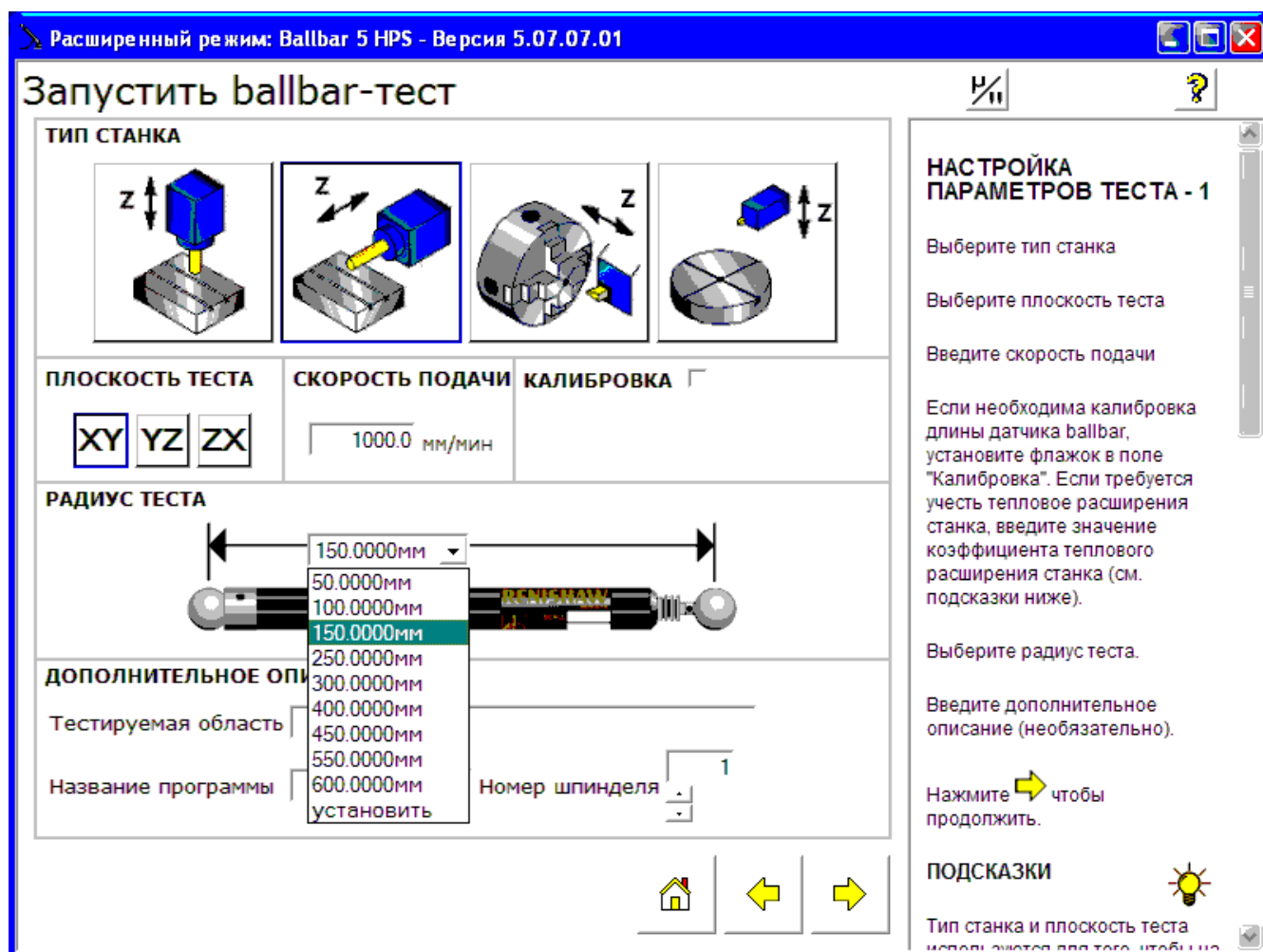


Рисунок 11 - Окно “Настройка теста”

Область “Плоскость теста” позволяет указать в тестируемую плоскость в системе координат станка.

Скорость подачи – задается величина подачи, на которой будет выполняться тест (ГОСТом рекомендована скорость 1000 мм/мин). При необходимости указать иное значение, оно напрямую вбивается в окошко с клавиатуры.

Область “Радиус теста” позволяет задать длину используемого при тестировании датчика (50, 100, 150, 250, 300, 400, 450, 550 или 600 мм). Для станков среднего размера рекомендуется длина датчика 150 мм. Если величина

рабочего хода по одной из координат менее 300 мм, используется датчик с удлинителями меньшего размера (50 или 100 мм). Для крупногабаритных станков желательно использовать длину датчика, ближайшую меньшую к половине длины рабочего хода по координате. При использовании дополнительного комплекта удлинителей возможно получение иной длины датчика. В этом случае выбираем “установить” и с клавиатуры вбиваем нужное значение (в Практической работе данная функция не понадобится.).

В области “Дополнительное описание” можно ввести дополнительную текстовую информацию о тесте и станке, а так же в случае проверки многошпиндельного станка указать номер шпинделя. Как показывает практика, наиболее востребованная дополнительная информация – название программы. При повторных проверках заметно экономит время.

Область “Калибровка”. При простановке метки в окне около надписи калибровка (щелкнуть мышью), в дальнейшем перед тестированием необходимо проводить калибровку датчика. Калибровку датчика целесообразно проводить при частных переносах системы, существенном колебании температуры проверяемого оборудования. При простановки метки появляется окно, в которое необходимо с клавиатуры ввести коэффициент температурного расширения (рекомендуемое значение 10-12).

После установки параметров теста нажимаем кнопку “Далее” и получаем на экране следующее окно, в котором настраивается траектория забега (рис. 12).

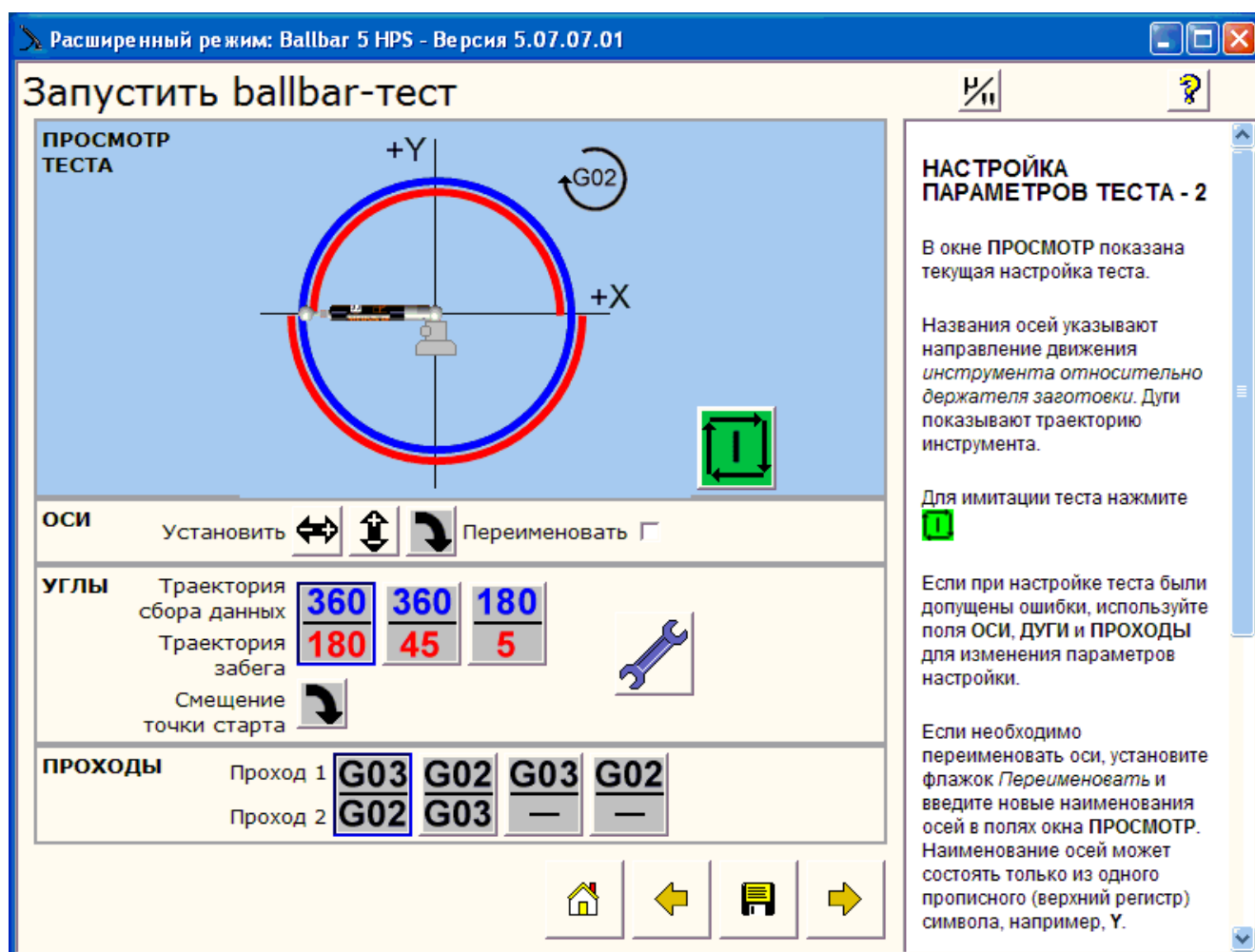


Рисунок 12 - Окно настройки траектории забега.

В этом окне есть следующие разделы: просмотр теста, оси, углы, проходы. В разделе Просмотр теста графически показано расположение осей координат, величина дуг забега, начальная точка забега, направление вращения для текущей



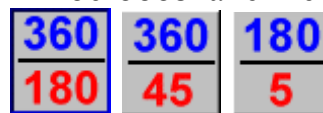
настройки. При нажатии на кнопку “Старт” на экране имитируется траектория движения датчика по дуге забега. Кнопка “Старт” меняется на кнопку “Стоп” красного цвета, нажав которую можно прекратить имитацию теста. Установка нужного расположения осей координат, величины дуги забега, направления забега и расположение точки старта производится в разделах Оси, Углы, Проходы.



При помощи кнопки меняется на экране направление горизонтальной оси координат на противоположное, с помощью кнопки



на противоположное. Кнопка  – позволяет повернуть систему координат и начальную точку по часовой стрелке на 90^0 . При простановке метки в ячейку Переименовать становится возможным ввести иное обозначение осей координат



(в программе защиты оси X, Y и Z). Кнопки устанавливают величины углов, соответствующие дугам сбора данных и траекториям выхода в точку начала сбора данных/в исходную точку, равные соответственно 360^0 и 180^0 , 360^0 и 45^0 , 180^0 и 5^0 . Значения, соответствующие дуге сбора данных отображаются синим цветом. Целесообразнее использовать первый вариант $360/180^0$. В этом случае по окончании измерения станок возвращается в исходную точку. В противном случае приходится возвращать снимать датчик и возвращать станок в исходную точку. Второй вариант применяется при большом радиусе описываемой окружности (>450 мм). Третий вариант используется для токарных станков среднего размера, в случае невозможности отработки полной окружности. При необходимости можно задать иные значения дуг забега,

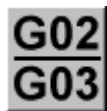


воспользовавшись кнопкой. Но в любом случае, не рекомендуется задавать угол выхода в точку начала снятия данных 0^0 , поскольку это приводит к получению некорректных данных.

Клавиши из раздела проходы позволяют задать направление прохода во время снятия данных:



Сбор данных во время прохода против часовой стрелки (проход 1), затем сбор данных во время прохода по часовой стрелке (проход 2).



Сбор данных во время прохода по часовой стрелке (проход 1), затем сбор данных во время прохода против часовой стрелки (проход 2).

G03 Сбор данных только во время прохода против часовой стрелки (проход 1).

G02 Сбор данных только во время прохода по часовой стрелке (проход 1).

На конечный результат направление прохода во время сбора данных никоим образом не влияет, и выбирается исходя из удобства расположения оборудования на станке.

Кнопка  позволяет сместить точку старта на меняя расположения оси координат. Точка старта, если только не тестируется токарный станок на дуге 180, выбирается так же исходя из удобства расположения оборудования на станке.

Задав требуемые параметры теста нажав на кнопку Сохранение  сохраняем шаблон теста. После сохранения попадаем в окно Сводка параметров теста (рис. 13) в котором в текстовом виде отображается вся ранее введенная информация о станке и условиях теста. Данное окно предназначено для окончательной проверки введенной информации. Далее возможны два варианта действий: генерация управляющей программы для ЧПУ или, если программа для ЧПУ имеется, переход к тестированию станка.

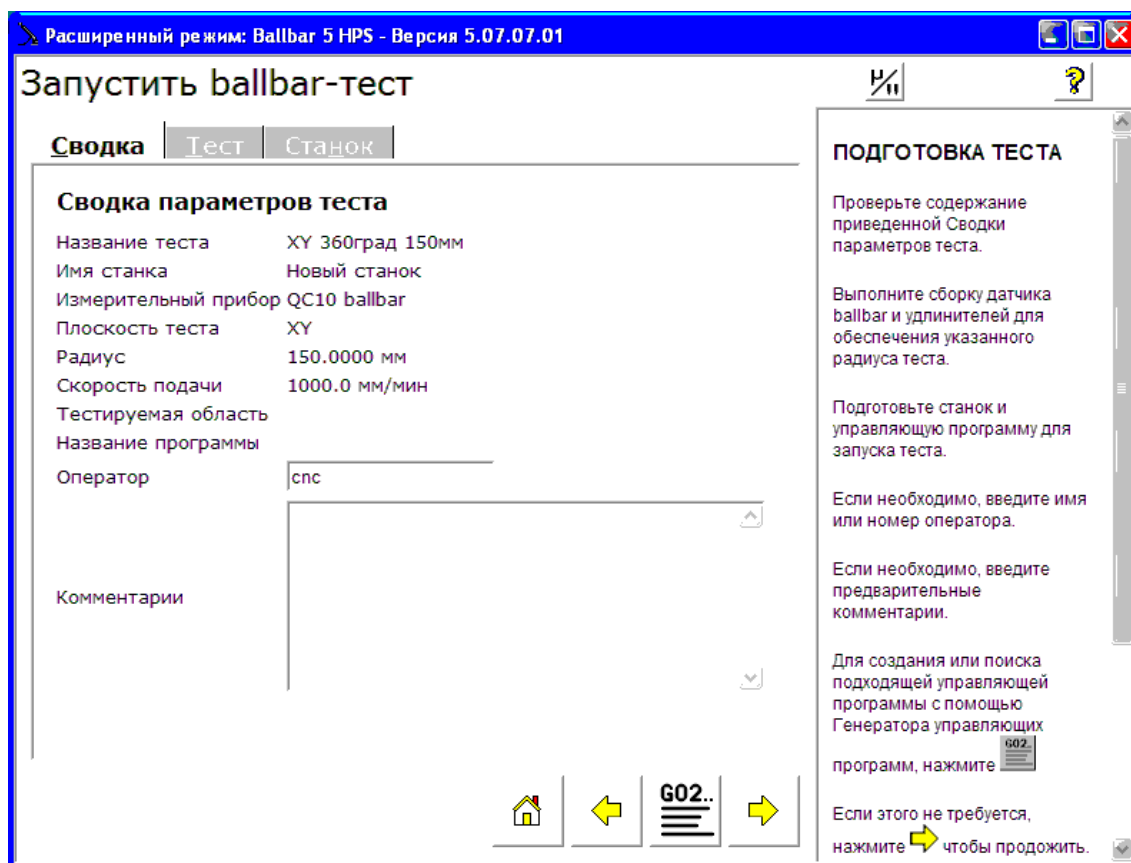


Рисунок 13 - Сводка параметров теста

Генерация управляющей программы



При нажатии на кнопку Генерация управляющих программ (рис. 14).

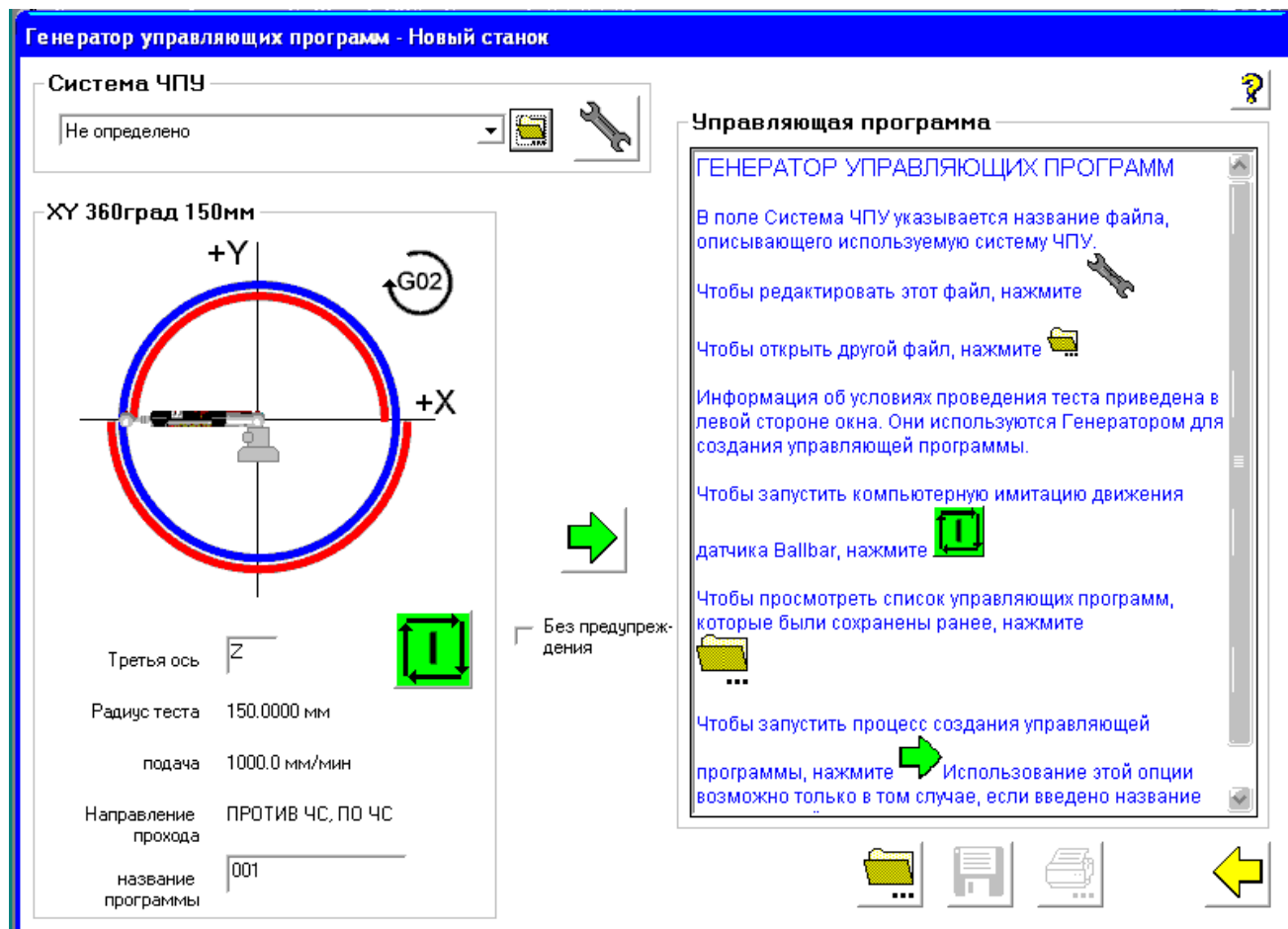


Рисунок 14 - Окно Генерация управляющих программ.

В левой части диалогового окна 'Генератор управляющих программ' приводится сводка параметров теста, включая имя теста, количество и направление проходов, скорость подачи, радиус теста, наименования осей, имя станка и визуализация (анимация), иллюстрирующая выполнение теста. Анимация показывает положение теста и величины дуг забега и дуг, вдоль которых происходит сбор данных.

Написание управляющей программы включает следующие этапы:

- Выбор файла описания системы ЧПУ, соответствующего системе ЧПУ, или редактирование существующего файла для приведения его в соответствие с используемой системой ЧПУ.
- Задание третьей оси.
- Задание имени управляющей программы для ЧПУ.
- Установка флажка, показывающего нужно ли включать предупреждение в управляющую программу.

В окне выбора системы ЧПУ выберите подходящий файл описания системы ЧПУ. Пока не будет выбран другой файл описания ЧПУ, в этом окне

будет указан выбранный ранее файл. Если подходящий файл описания ЧПУ на компьютере отсутствует, то его необходимо создать. Для этого можно выбрать имеющийся файл описания аналогичной системы ЧПУ, отредактируйте его с учетом специфики имеющейся системы ЧПУ и сохранить или выбрать вариант (не определено), отредактировать заданные по умолчанию установки с учетом специфики системы ЧПУ и сохранить файл. Вход в режим редактирования описания ЧПУ производится нажатием кнопки Пользовательские настройки



Третья ось - это ось, используемая для перемещения в начальную точку теста. Заданная по умолчанию ось, которая показана в этом окне, определяется двумя другими осями, выбранными для управляющей программы.

Поле название программы. При работе в режиме экспресс - вводится название управляющей программы. В расширенном режиме название управляющей программы включено в шаблон теста. В этом случае окно 'Название управляющей программы' недоступно. После ввода правильного названия управляющей программы для ЧПУ желтый предупреждающий треугольник около окна 'Название управляющей программы' исчезнет, и станет доступной кнопка , как это показано на рисунке 15. При нажатии кнопки  в правом окне появится текст управляющей программы. При простановке метки в окне "Без предупреждения", в правом окне появляется только текст программы. Если метки не стоит, то в текст программы будет вставлено текстовое предупреждение, как это показано на рисунке.

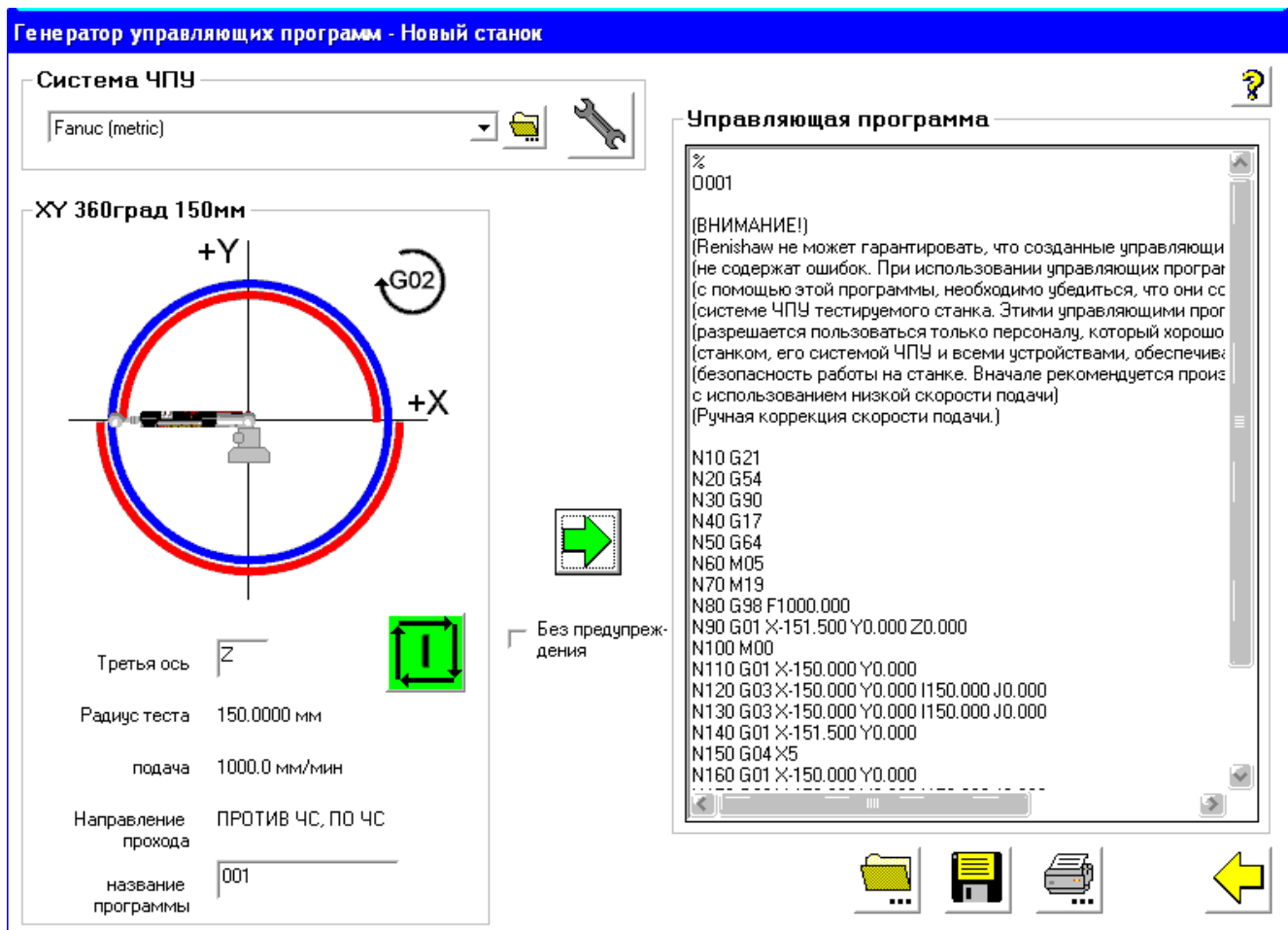


Рисунок 15 -. Окно “Генерация управляющих программ” после описания программы.

Написанный текст программы можно сохранить  или распечатать .

После этого возвращаемся назад .

4. Тестирование станка

Тестирование запускается при нажатии на кнопку Вперед  в окне Сводка параметров теста (рис. 13). Появится следующее окно (рис. 16).

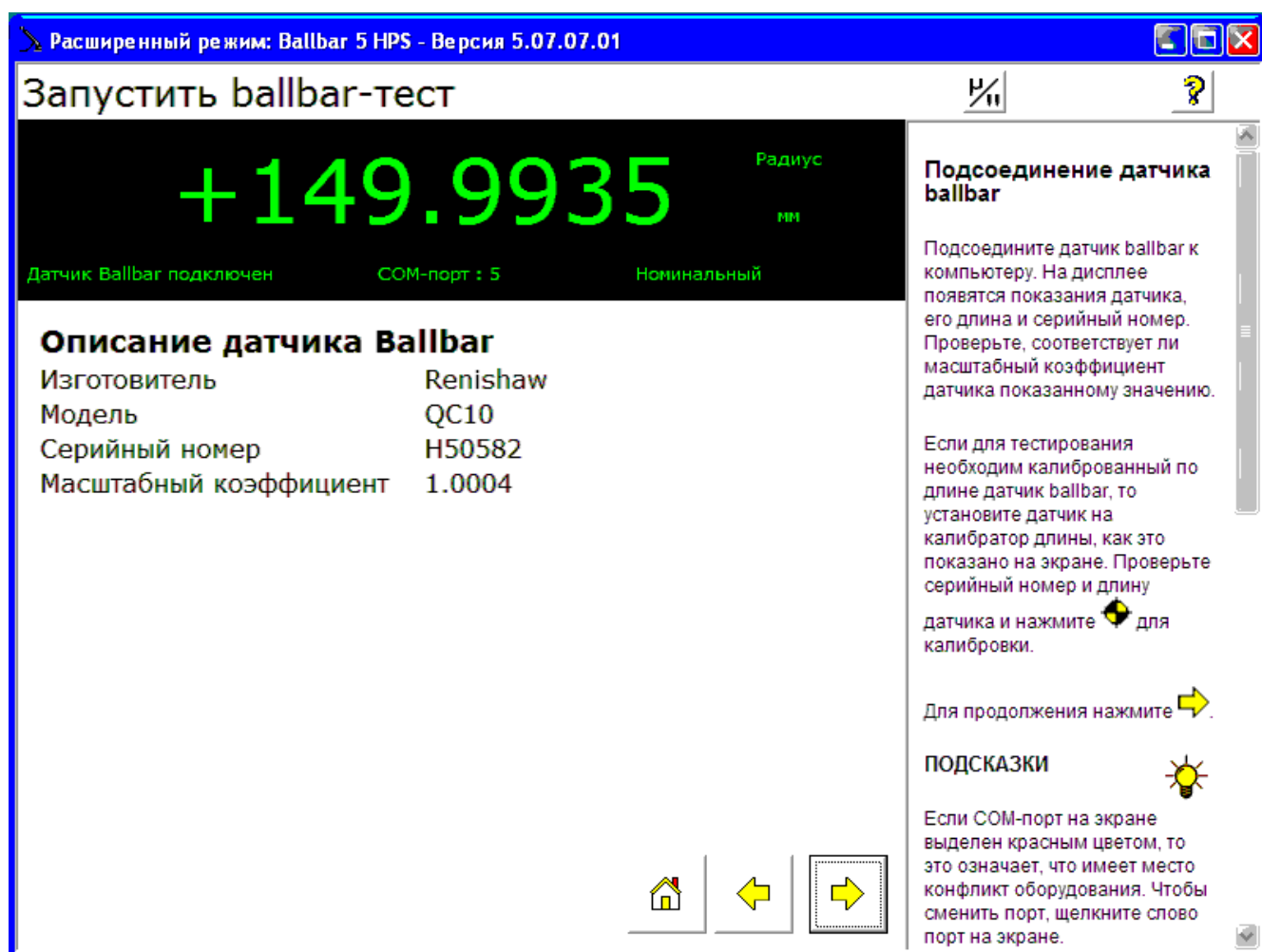


Рисунок 16 –Описание датчика

В этом окне появляется длина датчика, описание датчика Ballbar (изготовитель, модель, серийный номер, масштабный коэффициент), наименование порта, к которому подключен датчик. Если все нормально, то на экране присутствует надпись “Датчик Ballbar подключен” и номер порта указан зеленым цветом. Если выбранный порт занят, то можно переназначить порт, щелкнув мышью по наименованию порта (обычно используется COM-порт 5). Серийный номер и масштабный коэффициент должен соответствовать указанным на корпусе датчика.

При нажатии кнопки Вперед  появляется следующее окно(рис. 17).

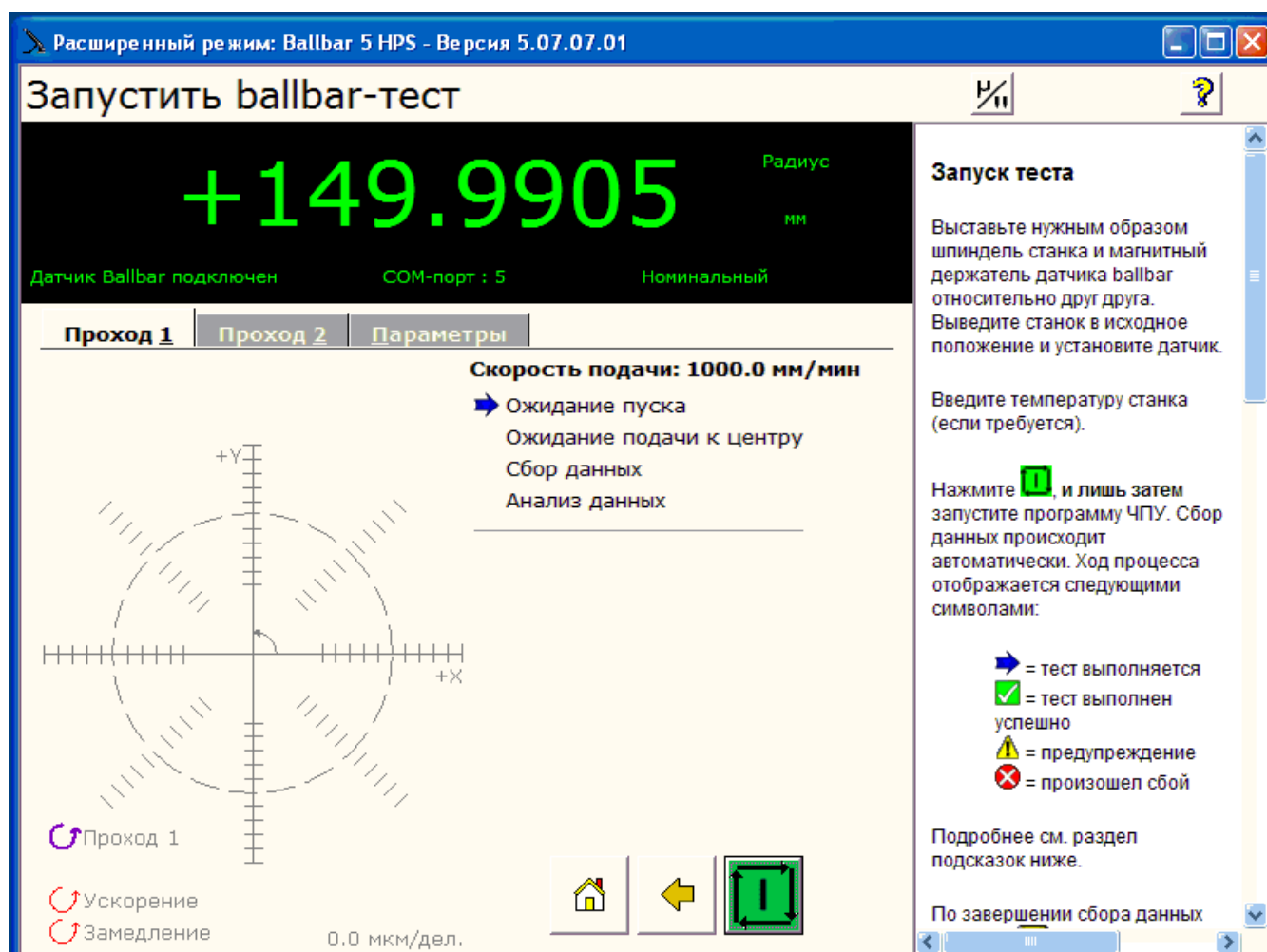


Рисунок 17- Окно Запустить ballbar-тест. Ожидание пуска.

Программа ожидает пуска (синяя стрелка указывает на “ожидание пуска”).

Пуск производится нажатием на кнопку “Старт” . После нажатия этой кнопки система переходит в режим ожидания подачи к центру (синяя стрелка указывает на “Ожидание подачи к центру”). После этого запускается станок, устанавливается датчик на станок, станку подается команда на выполнения пробега по дуге. При перемещении стола станка к центру окружности на 1,5 мм диагностическая система начинает снятие данных (синяя стрелка – “Сбор данных”). Процесс снятия данных графически отображается на экране компьютера. При нормальном протекании процесса снятия данных около соответствующего пункта появляется значок “Тест выполнен” . При возникновении ошибки появляется значок “Предупреждение” . Если при тестировании возник сбой, то появляется соответствующий значок  и сбор данных прерывается. Пример окна программы по завершении пробега рис. 18.

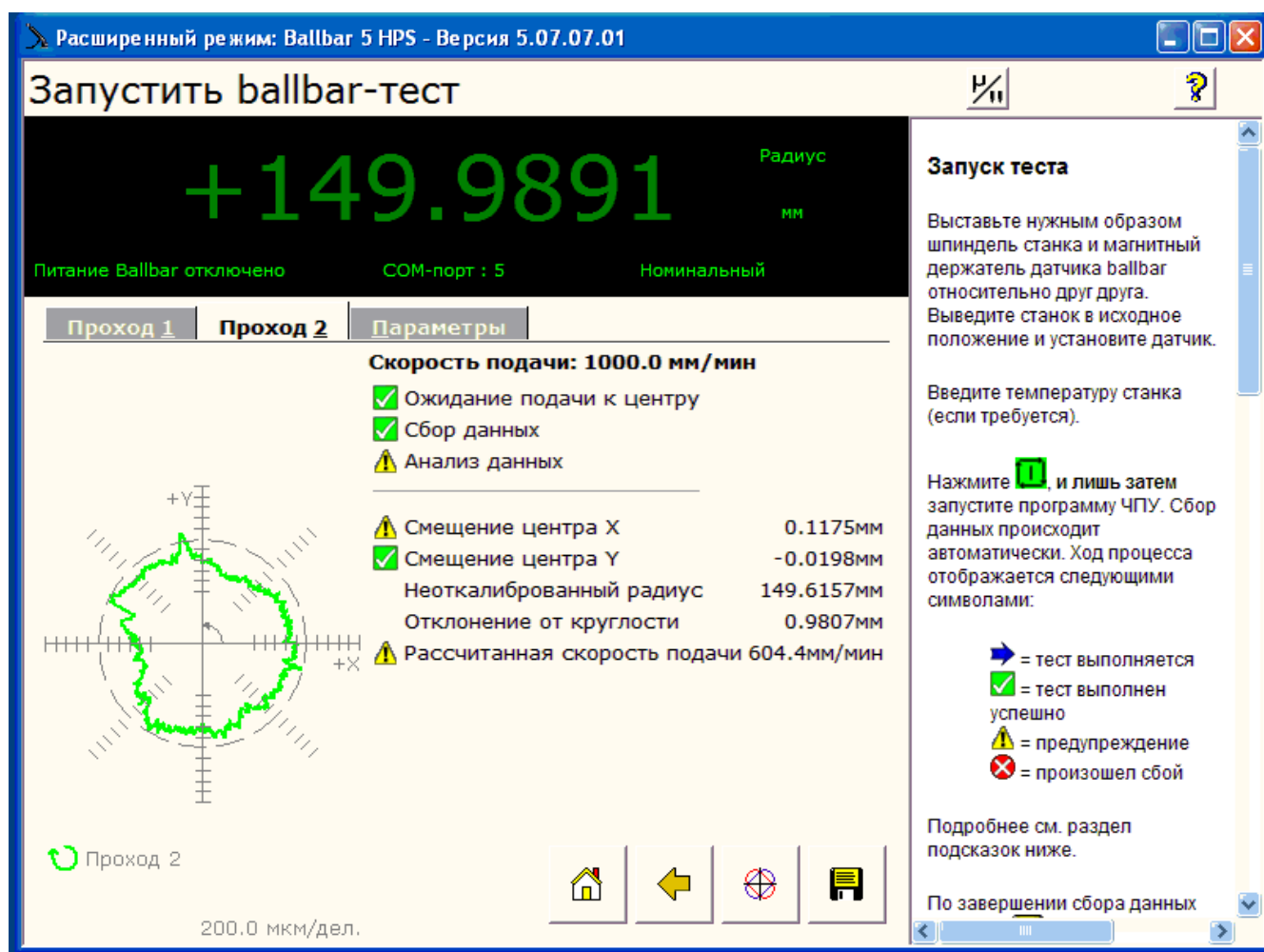


Рисунок 18 - Окно программы по завершении тестирования.

Из рисунка 18 видно, что запуск теста, ожидание подачи к центру и сбор данных прошли успешно. Однако при анализе данных возникло предупреждение о сильном смещении центра по оси X и рассчитанная скорость подачи 604,4 мм/мин вместо требуемой 1000 мм/мин. Причины этого следующие.

Смещение центра практически всегда возникает при первом тестировании т.к. соосность оси вращения шпинделя и магнитной опоры определяется на глаз. Полученное значение смещения центра используется для коррекции положения шпинделя и после 2-3 -х дополнительных прогонов тестирования эта ошибка исчезает.

Несовпадение рассчитанной скорости подачи с требуемым значением, как правило, возникает из-за того, что на пульте управления станка рукоятка коррекции скорости подачи после прогона программы на станке в холостом режиме остается переключена в сторону уменьшения.

При успешном прохождении теста присутствуют значки “Тест выполнен” . Полученные данные лучше сохранить в файле () и перейти к анализу данных . Окно Просмотр результатов имеет следующий вид (рис. 19).

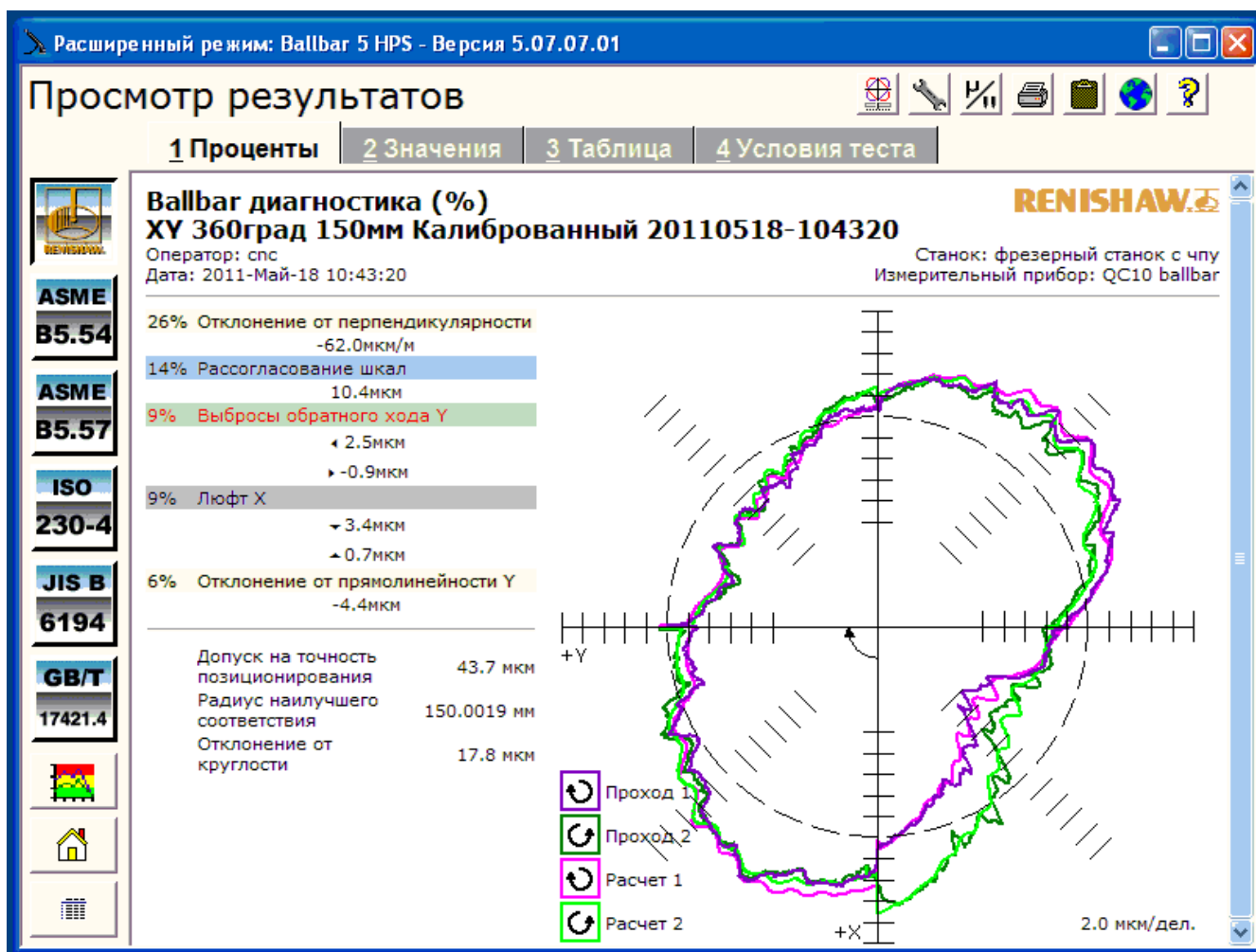


Рисунок 19 - Окно “просмотр результатов”

В левой части окна представлены 5 опций:



В этой опции результаты теста представляются в соответствии с внутренним стандартом Renishaw Ballbar и выдаются ошибки в процентах, численные значения ошибок, а также результаты, оформленные в виде таблицы.

(Программа диагностики Renishaw позволяет проанализировать результаты теста только в том случае, если углы, соответствующие дугам сбора данных, равен 360 градусов при проходе как по часовой, так и против часовой стрелки)



В этой опции результаты теста представляются в соответствии со Стандартом ISO 230-4:2005 (европейский) и выдается отклонение от круглости CCW (проход против часовой стрелки), отклонение от круглости CW (по часовой стрелке), отклонение от радиуса CCW (проход против часовой стрелки), отклонение от радиуса CW (проход по часовой стрелке), и Гистерезис.



В этой опции результаты теста представляются в соответствии со Стандартом ASME B5.54-2005 (американский) и выдается максимальное

и минимальное отклонение.



В этой опции результаты теста представляются в соответствии со Стандартом ASME B5.57-1997 (американский) и выдаются значения отклонения от окружности и отклонения от радиуса.



Стандарт JIS B 6194:2008 и GB/T 17421.4 – английские аналог европейскому стандарту ISO 230-4:2005. Данная опция выдается отклонение от круглости CCW (проход против часовой стрелки), отклонение от круглости CW (проход по часовой стрелке), отклонение от радиуса CCW (проход против часовой стрелки), отклонение от радиуса CW (проход по часовой стрелке), и Гистерезис.

С практической точки зрения, наиболее информативны и понятны данные, представленные в соответствии со стандартом Renishaw Ballbar. Однако он не является нормативным документом, на который можно сослаться. Отечественный ГОСТ 30544-97 “Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории” представляет перепечатку стандарта ISO 230-4:1997.



При выборе опции  окно программы имеет вид, представленный на рисунке 20.

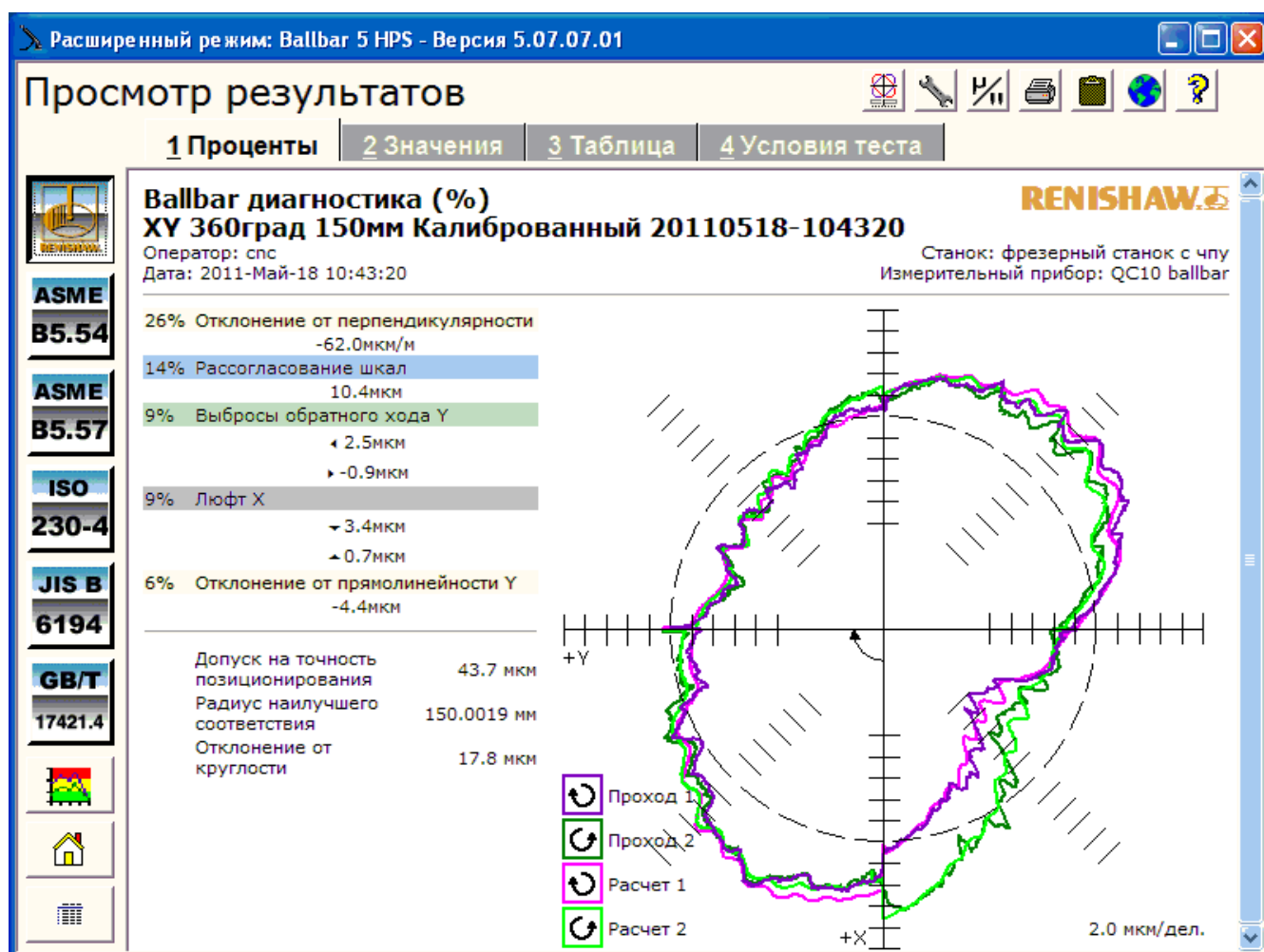


Рисунок 20 -. Просмотр результатов соответствия со стандартом Renishaw Ballbar

Стандарт Renishaw предлагает четыре варианта представления результатов диагностики: Проценты, Значения, Таблица, Условия теста. Для выбора нужного варианта нажмите соответствующую вкладку на экране.

В формате Проценты полученные данные выдаются в виде графика в полярных координатах (рис. 21). Этот график сопровождается диагностикой выявленных по нему ошибок и их значениями. Значения ошибок представлены в процентах. Эти проценты показывают вклад каждой ошибки, выявленной в процессе диагностики, в результирующее Отклонение от круглости. Эти ошибки представлены в виде списка, начиная с самой существенной. В формате Таблица выводится список всех ошибок, вычисленных и использованием собранных данных. Если щелкнуть название обнаруженной ошибки (например, Люфт), то откроется соответствующий раздел справки. Т.о. можно получить подробные сведения о типе ошибки и ее возможных причинах.

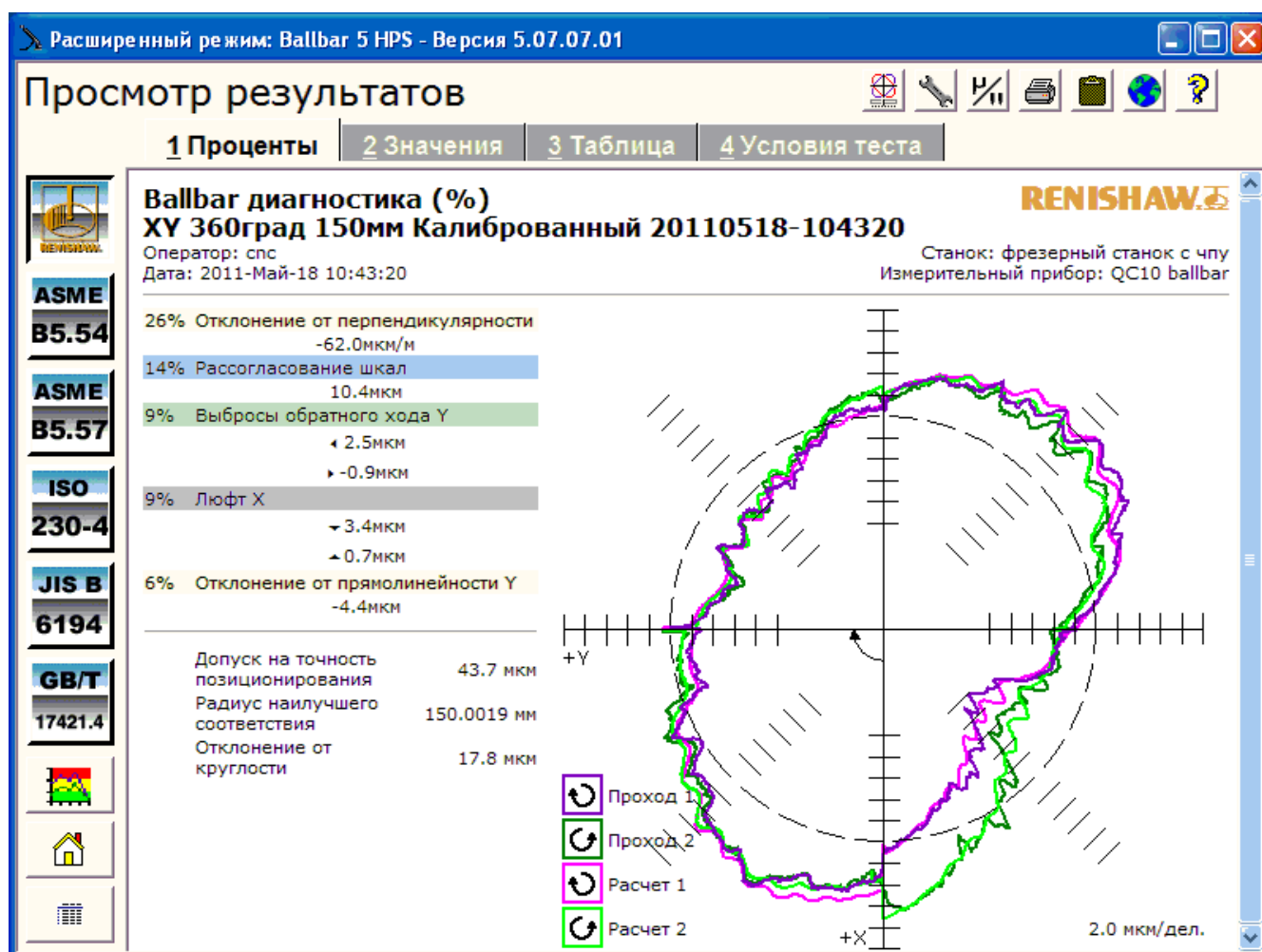


Рисунок 21 - Просмотр результатов соответствия со стандартом Renishaw Ballbar. Проценты.

В формате Значения полученные данные выдаются в виде графика в полярных координатах (рис. 22). Этот график сопровождается диагностикой и значениями выявленных по нему ошибок. Представлены абсолютные значения ошибок, которые показывают вклад каждой ошибки, выявленной в процессе диагностики, в результирующее Отклонение от круглости. Чтобы упростить процедуру сравнения графиков, эти ошибки приводятся в строго установленном порядке. Для удобства графики, соответствующие проходам по часовой и против часовой стрелки, имеют разные цвета. Они имеют общий центр с идеальной окружностью, показанной пунктиром.

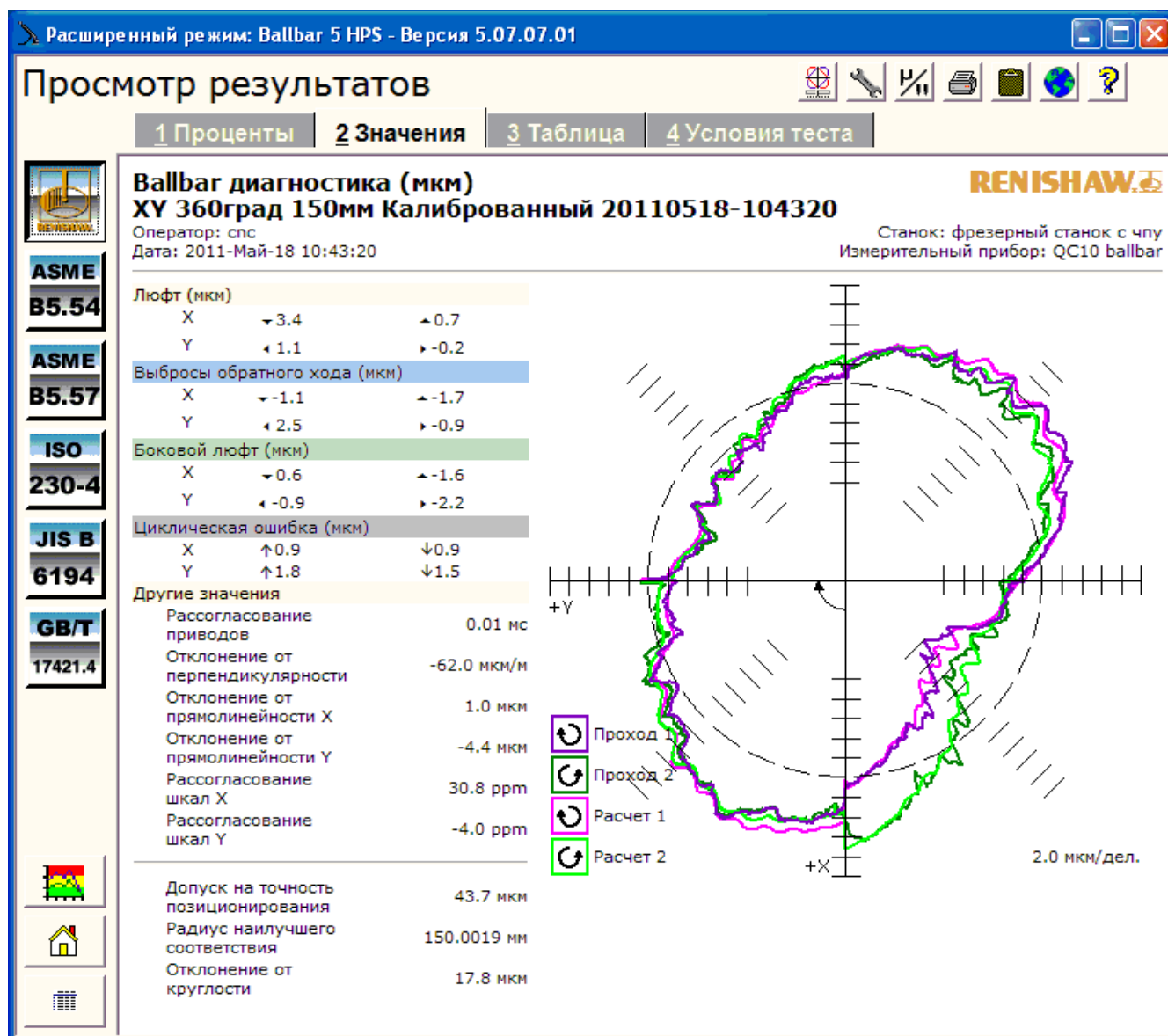


Рисунок 22 -. Просмотр результатов соответствия со стандартом Renishaw Ballbar. Значения.

В формате [Таблица](#) выводится список всех ошибок, вычисленных и использованием собранных данных (рис. 23). Такой подход позволяет пользователям сделать собственные выводы относительно ошибок, обнаруженных с использованием собранных данных.

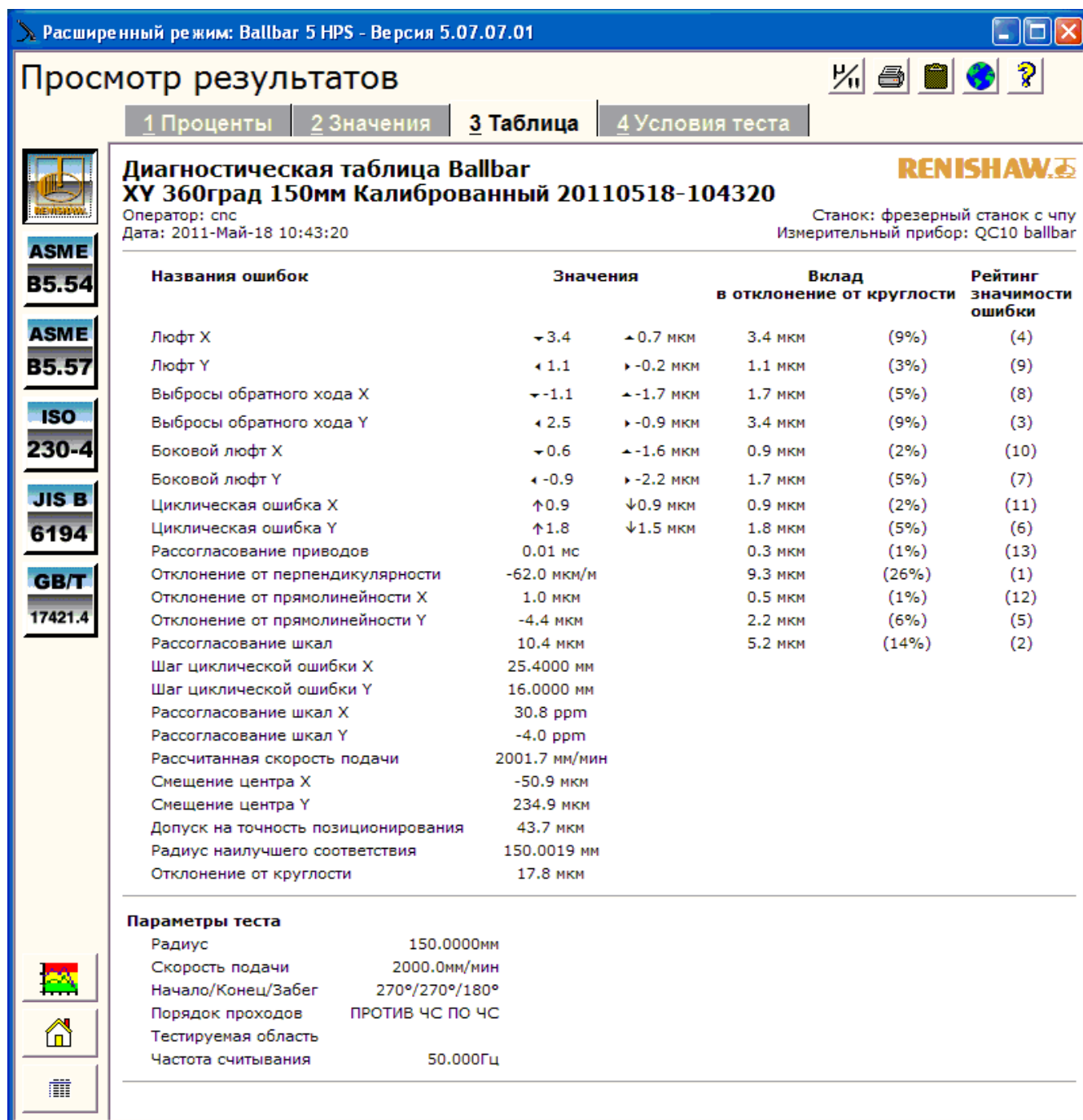


Рисунок 23 -. Просмотр результатов соответствия со стандартом Renishaw Ballbar. Таблица.

В формате Условия теста выводится не только список всех параметров теста, но и его название с указанием даты, времени, имени оператора и названия станка (рис. 24).



Рисунок 24 - Просмотр результатов соответствия со стандартом Renishaw Ballbar. Условия теста.

В окне “Просмотр результатов” есть следующие функциональные клавиши:



При нажатии этой кнопки произойдет обращение к моделирующей программе и автоматический ввод в нее [диагностических значений](#) из отчета, выведенного в поле окна 'Анализ результатов'.



Кнопка ‘Пользовательская настройка’. Позволяет изменить графические и цветовые настройки экрана.



Эта кнопка позволяет задать используемые единицы измерений.



Печать результатов, представленных на экране.



Кнопка 'Буфер обмена'. При её нажатии содержимое отчета копируется в буфер обмена операционной системы Windows. Впоследствии содержимое буфера может быть вставлено в документ Microsoft Word XP или Word 2000.



Кнопка 'Язык отчета'. Эта кнопка позволяет выбрать язык, на котором будет представлен отчет.



Просмотр [графика, соответствующего выбранному отчету](#) об истории станка.

Из перечисленных функций наиболее важны Обращение к моделирующей программе и Просмотр графика истории станка.

Просмотр графика истории станка.

График истории станка несет информацию о результатах диагностики, которые включены в отчет об истории станка. Соответствующее экранное окно имеет вид, представленный на рисунке 25. График для каждой конкретной ошибки (например, отклонение от круглости, люфт, боковой люфт и т.п.) выбирается из ниспадающего списка в верхней части окна. Способ [анализа](#) выбирается нажатием одной из кнопок, расположенных с левой стороны экрана. Данная версия программного обеспечения обеспечивает вывод результатов диагностики в соответствии со следующими стандартами: стандарт диагностики Renishaw, ASME B5.54, ISO 230-4, ASME B5.57, JIS B 6194.

Данная функция очень важна, т.к. позволяет отслеживать во времени динамику потери станком точностных характеристик и делать прогнозы.

Для более детального рассмотрения какой-либо области графика нажмите кнопку мыши и опишите ее курсором границу этой области, а затем отпустите кнопку. Выбранная область будет увеличена и останется в таком виде до тех пор, пока снова не будет нажата кнопка мыши в какой-либо точке, принадлежащей графику

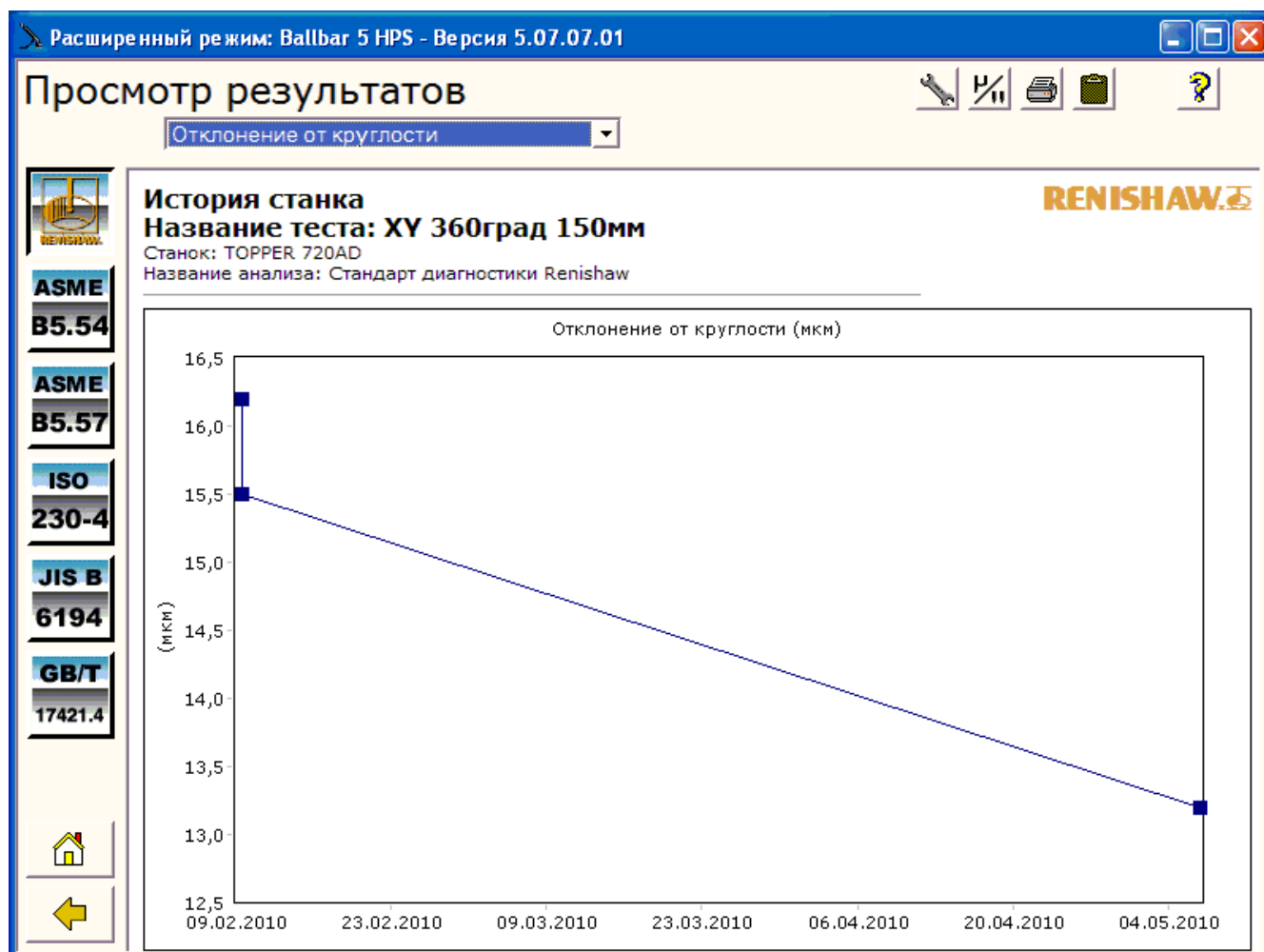


Рисунок 25 - График истории станка

Моделирующая программа

Моделирующая программа Ballbar используется для изучения влияния ошибок станка на форму диаграммы, получаемой программой в процессе Ballbar-диагностики. Используя возможности моделирования, можно быстро определить, каким образом форма графика, отклонение от круглости и допуски на точность позиционирования зависят от следующих факторов:

- величина ошибки;
- условия теста;
- одновременное наличие нескольких ошибок.

Моделирующая программа может использоваться как вспомогательное средство при диагностике и как обучающее средство

Моделирующая программа имеет два режима работы - Обычный и Расширенный. Оба режима доступны как автономное приложение при запуске программы с помощью кнопки . Эти режимы называются следующим образом:

- Автономный (Обычный) режим.
- Автономный (Расширенный) режим.

Из окна 'Просмотр результатов' моделирующую программу можно запустить только в расширенном режиме.

Окно моделирующей программы (рис. 26) содержит:

Четыре вкладки – 'Параметры теста', 'Геометрические ошибки', 'Люфты' и 'Динамические ошибки'.

График Ballbar в полярных координатах.

Во вкладках указываются параметры теста/значения ошибок станка. Значения параметров могут быть изменены. Каждый раз после внесения каких-либо изменений программа заново выводит график, чтобы продемонстрировать результат этих изменений.

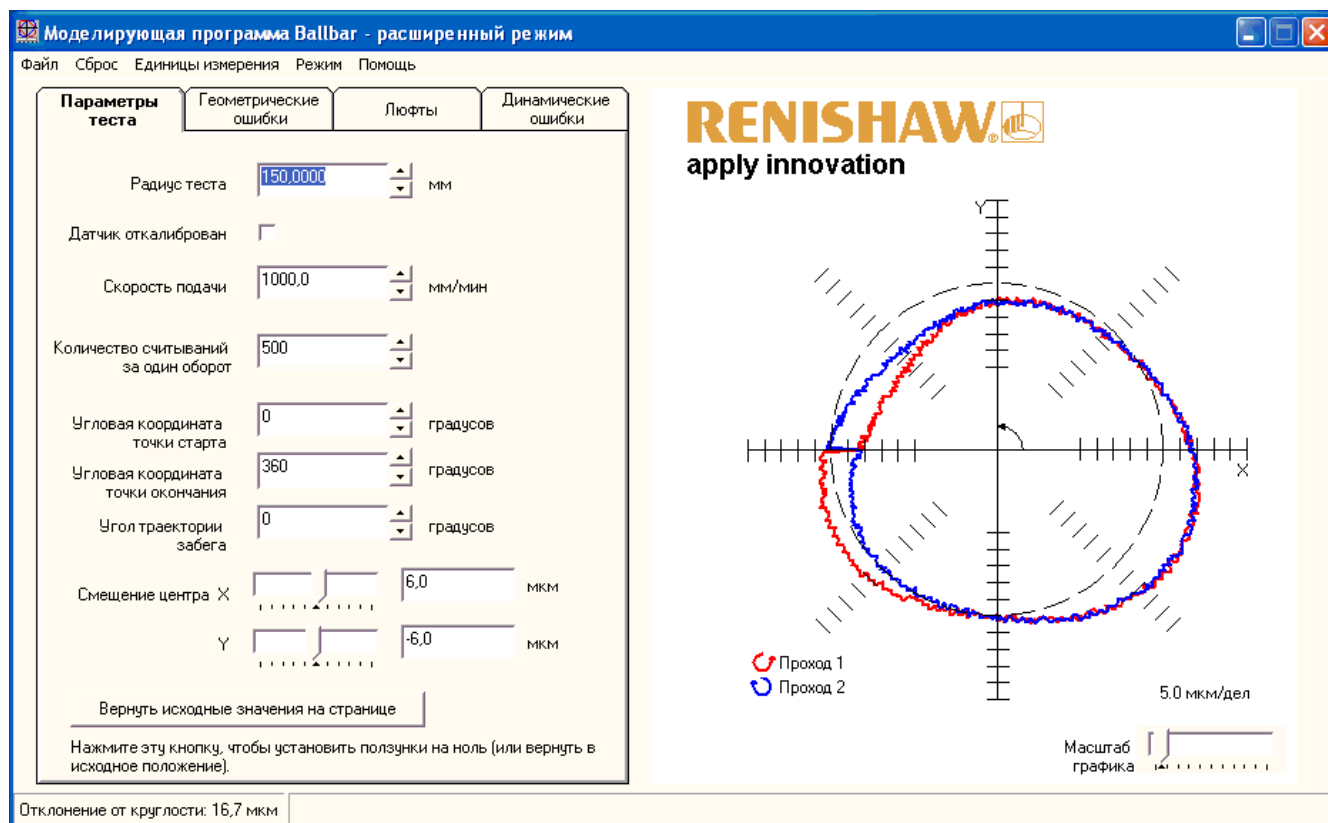


Рисунок 26. Моделирующая программа. Расширенный режим.

В справке, прилагаемой к программе, рассмотрены примеры влияния каждого из проверяемых параметров на форму графика, причины появления этих отклонений и приведены рекомендации по устранению этих ошибок. Например:

Выбросы обратного хода (ошибка станка)

График

На графике имеется резкий выброс, который находится на одной из осей. Величина выброса часто зависит от скорости подачи станка. На рис. 26 выбросы обратного хода показаны на обеих осях.

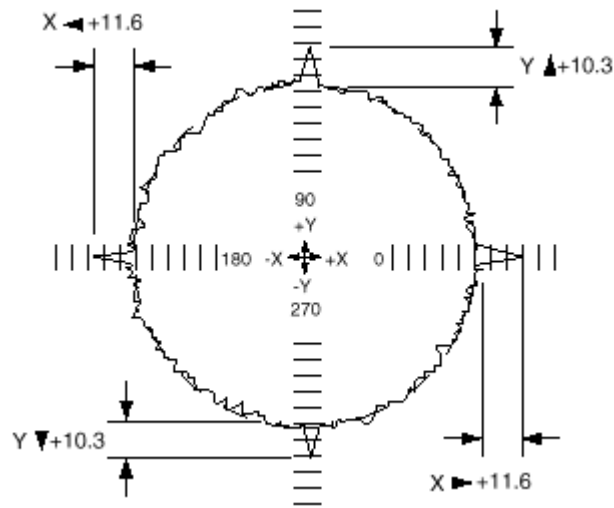


Рисунок 27. Выбросы обратного хода на обеих осях.

Диагностические величины

Выбросы обратного хода по осям X и Y определяются следующим образом:
Выбросы обратного хода (мкм)

$$\begin{array}{cc} +11.6 & +11.6 \\ +10.3 & +10.3 \end{array}$$

На графике видно, что на оси Y имеются выбросы обратного хода, равные 10,3 мкм, как в положительном, так и в отрицательном направлениях, а на оси X расположены пиковые отклонения, равные 11,6 мкм также в обоих направлениях.

Причина

Когда ось перемещается в одном направлении, а затем должна изменить направление движения на противоположное, вместо плавного реверсирования может произойти мгновенная остановка в точке поворота. Приведенный график соответствует кратковременной остановке оси Y. Это может быть вызвано следующими причинами:

- В точке изменения направления движения оси на противоположное двигатель привода подачи развил неадекватный момент, что привело к краткой остановке в точке поворота, поскольку происходит изменение направления действия силы трения.
- Время срабатывания привода станка не соответствует величине компенсации люфта. Это значит, что станок не может обеспечить своевременную компенсацию люфта, что приводит к остановке оси в то время, когда слабина, вызванная люфтом, еще полностью не выбрана.
- Время срабатывания привода в переходной точке является неудовлетворительным, что приводит к краткой задержке при смене направления движения по оси.

Следствие

Выбросы обратного хода приводят к тому, что при фрезеровании по окружности будет небольшой плоский участок с последующим внутренним шагом восстановления траектории. На рис. 28, как линия графика приближается к оси Y по идеальной окружности, но затем отклоняется от нее из-за приостановки движения станка вдоль этой оси. На диагностическом графике плоский участок, имеющий место в действительности, отображается в виде выброса, поскольку движение станка отклоняется от правильной окружности.

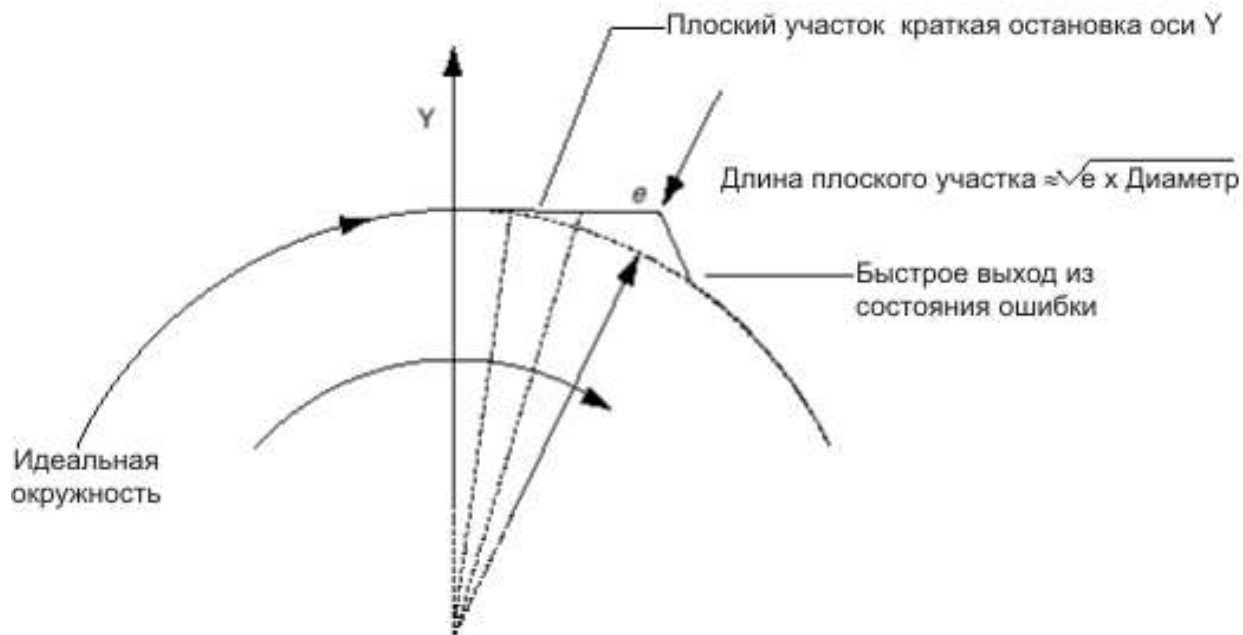


Рисунок 28.

Если e - высота выброса люфта на графике, то длина плоского участка на обработанной детали рассчитывается как корень квадратный из величины e , умноженной на диаметр выполняемого прохода.

Например, наличие выброса высотой 10 мкм приводит к возникновению плоского участка длиной 1,7 мм при проходе диаметром 300 мм.

Рекомендуемые действия по устранению ошибки

Если система ЧПУ тестируемого станка предусматривает возможность устранения пиковых отклонений, используйте ее для уменьшения выбросов обратного хода при работе на станке.

Попробуйте определить скорость подачи на станке, при которой влияние пиковых отклонений будет сведено к минимуму. Для этого следует провести несколько тестов при различных скоростях подачи. Используйте оптимальную скорость подачи для окончательного фрезерования при круговой интерполяции.

3. Установка датчика на станке

3.1 Проверка вертикально-фрезерного станка TOPPER 720AD в горизонтальной плоскости

1. Устанавливаем в середину стола станка магнитную опору, вставляем в нее шариковую опору (**ШАРИКОВАЯ ОПОРА НЕ ЗАТЯГИВАЕТСЯ**) рис. 28-29.



Рисунок 28 - Магнитная опора (справа) и шариковая опора (слева).



Рисунок 29 - Магнитная опора со вставленной шариковой опорой на столе станка.

Магнитную опору навинчиваем на оправку (рис. 30) и устанавливаем ее в шпиндель.



Для установки оправки с магнитной опорой в шпиндель станка на главной панели управления станка переключатель “Выбор режима” (MODE SELECT) устанавливаем в положение HANDLE (рис. 31). Разжим/зажим инструмента в шпинделе в ручном режиме производится нажатием кнопки “Разжим/зажим инструмента” (UNCLAMP/CLAMP), (рис. 32), расположенной на фрезерной головке станка.



Рисунок 31 - Переключатель “Выбор (MODE SELECT)



Рисунок 32 - Кнопка режима “Разжим/зажим инструмента” (UNCLAMP/CLAMP)

Далее вручную (при помощи пульта рис. 33) подводим шпиндель с оправкой к магнитной опоре на столе.

3. В ручную (при помощи выносного пульта рис. 33) подводим шпиндель с оправкой к магнитной опоре на столе (рис. 34). Выносной пульт имеет два переключателя - выбор оси (слева) и выбор масштаба перемещений (справа) – и маховичок.



Рисунок -33 Выносной пульт СЧПУ.

При подходе оправки с опорой с магнитной опорой на расстояние 15-20 мм **ПЕРЕКЛЮЧИТЬСЯ** на **X10**. При подводе шпинделя с оправкой к магнитной опоре, винт последней **НЕ ЗАТЯГИВАЕТСЯ!**



Рисунок -34 Подвод оправки к магнитной опоре.

После того, как магнитная опора примагнитится к оправке, переключатель выбора осей выносного пульта СЧПУ **ПЕРЕКЛЮЧИТЬ** в режим OFF. Винт магнитной опоры затянуть.

3. Определяем координаты точки центра. Для этого клавишей POS на пульте СЧПУ включаем режим отображения всех координат (рис. 35). Списываем машинные координаты точки. Затем **ОСТОРОЖНО** отводим шпиндель вверх (в +Z). Во избежания поломки шарика и последующего отчисления отвод шпинделя вверх надо начинать при масштабе X1 и контролировать процесс по координатам, отображаемым на экране (рис. 35). Координата Z должна увеличиваться. Координата Z на эране вероятнее всего будет отрицательная. **УЧИТЫВАТЬ** знак перед координатой. После отвода шпинделя от магнитной оправки примерно на 5 мм можно преключиться на масштаб X100 и продолжить отвод шпинделя на расстояние X100.

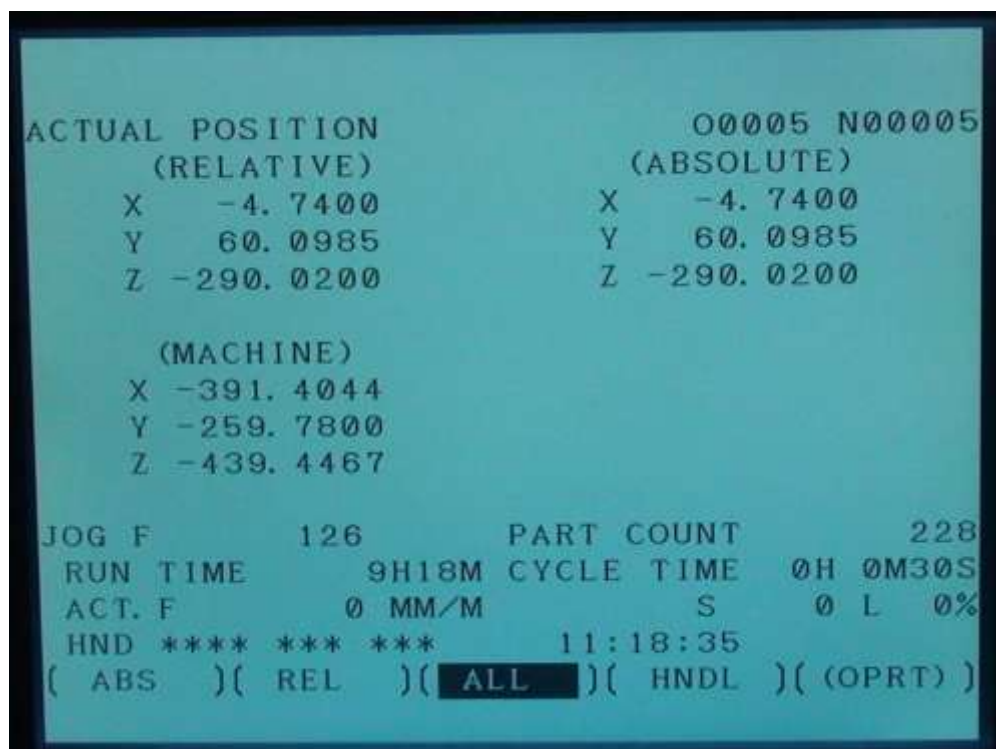


Рисунок – 35 Режим отображения координат

4. Машинные координаты точки вбиваем в соответствующий (используемый в программе) указатель системы координат заготовки (G54 G56) (рис. 36). Последовательность клавиш OffSet/ OPRT/ WORK. Переход между G и X, Y, Z производится стрелками на пульте. Активная позиция на экране выделяется темным маркером. Вводимое значение вбиваем с клавиатуры и нажимаем клавишу INPUT.

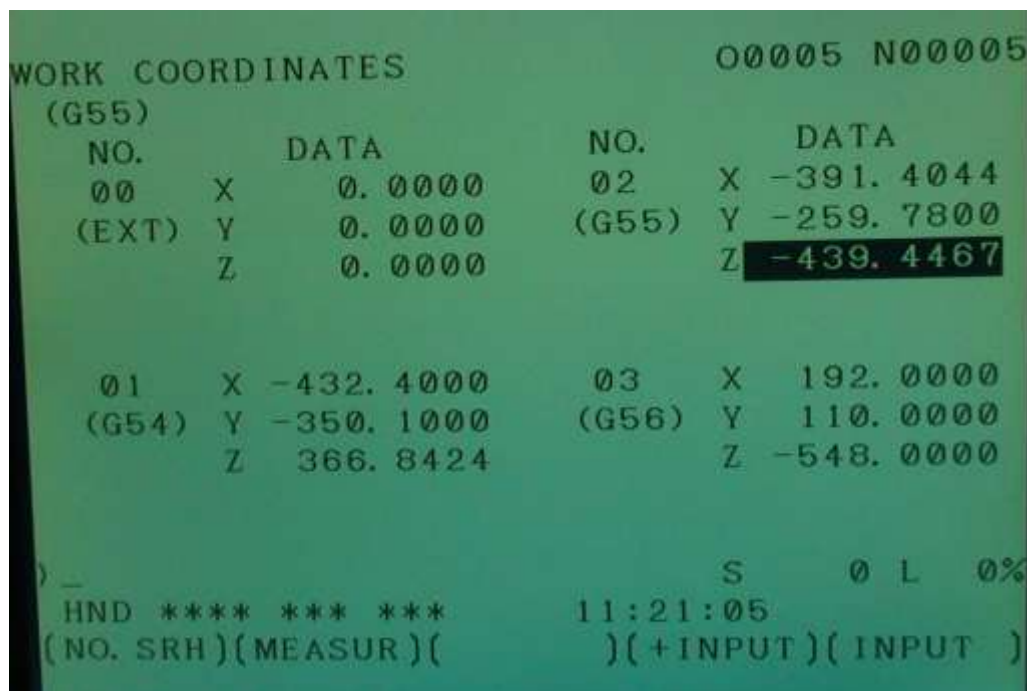


Рисунок – 35 Указатели систем координат заготовки

5. Затем возвращаемся в программу, запускаем ее на холостом ходу и проверяем правильность работы. В случае аварийной ситуации останавливаем станок сраной предохранительной кнопкой. При нормальной отработке программы, запускаем программу BallBar Q10 в расширенном режиме и сверяем настройки проверки с реальным движением рабочих органов станка. При необходимости корректируем программу проверки.

6. После проверки правильности работы станка и настройки программы проверки устанавливаем датчик на станок (рис. 36) и запускаем проверку. Во время проверки СЛЕДИТЬ за расположением провода датчика, НЕ ДОПУСКАТЬ его натяжения и резких рывков!



Рисунок – 36 Установка датчика на станке

7. После завершения снятия данных экран программы имеет вид изображенный на рис. 37.

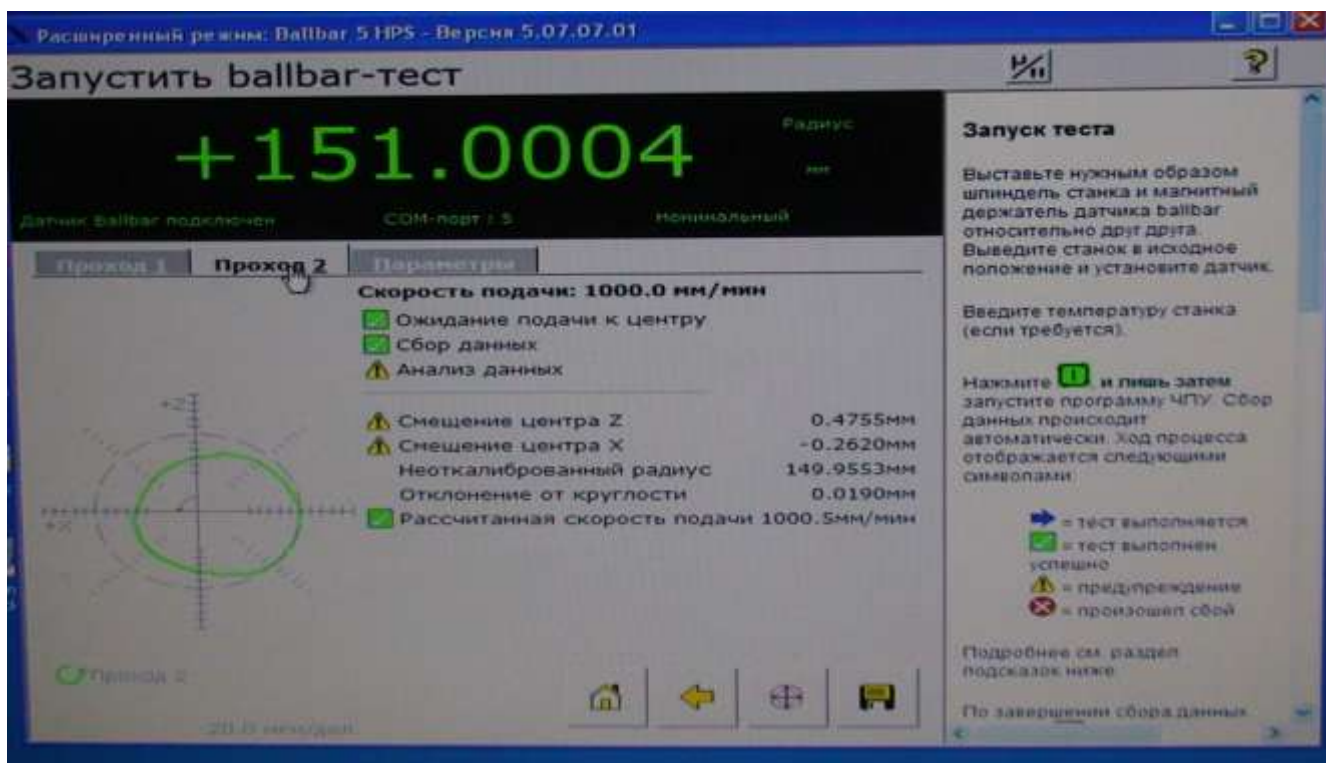


Рисунок – 37 Экранное меню программы по окончании снятия данных

В случае наличия ошибок при снятии данных, соответствующие сообщения отображаются на экране. Ошибки чаще всего возникают из-за неточного определения положения центра вращения или несоответствия скорости перемещения заданной. В случае наличия ошибки необходимо исправить их причину и повторить проверку заново. При нормальном прохождении проверки необходимо сохранить данные и произвести их анализ (рис. 38). Отображение результатов проверки может производиться в соответствии с разными стандартами. Выбор стандарта производится при помощи нажатия соответствующей клавиши. Российским ГОСТам практически полностью соответствует внутренний стандарт фирмы RENISHAW (верхняя кнопка).

После первой попытки проверки всегда наблюдается смещение центров по координатам, что приводит к неадекватности снятых данных. Поэтому требуется введение соответствующих корректировок. Корректировки (смещения центра из таблицы) прибавляются к соответствующему указателю системы координат заготовки. Смещения центра в таблице указаны в мкм, а в указателе системы координат заготовка в мм. НЕ ЗАБЫТЬ перевести мкм в мм.

После корректировки положения центра проверку повторить. Как правило, допустимое смещение центра (10 мкм и менее) достигается на 3-4 проверке. После получения адекватных данных проверка заканчивается.

Расширенный режим: Ballbar 5 HPS - Версия 5.07.07.01

Запустить ballbar-тест

	1 Проценты	2 Значения	3 Таблица	4 Условия теста
Люфт X	± 1.8	± -22.8 нкн	22.8 нкн	(17%) (1)
Выбросы обратного хода Z	± -1.5	± 0.0 нкн	1.5 нкн	(1%) (10)
Выбросы обратного хода X	± 0.0	± -7.2 нкн	7.2 нкн	(5%) (6)
Боковой люфт Z	± 26.4	± -8.4 нкн	16.9 нкн	(12%) (4)
Боковой люфт X	± -26.3	± 31.2 нкн	15.9 нкн	(12%) (5)
Циклическая ошибка Z	± 3.8	± 4.3 нкн	4.3 нкн	(3%) (8)
Циклическая ошибка X	± 4.5	± 5.0 нкн	5.0 нкн	(4%) (7)
Рассогласование приводов	0.05 нс		0.9 нкн	(1%) (13)
Отклонение от перпендикулярности	116.9 нкн/н		17.5 нкн	(13%) (2)
Отклонение от прямолинейности Z	1.9 нкн		0.9 нкн	(1%) (12)
Отклонение от прямолинейности X	2.2 нкн		1.1 нкн	(1%) (11)
Рассогласование шкал	-8.5 нкн		4.2 нкн	(3%) (9)
Шаг циклической ошибки Z	25.4000 нм			
Шаг циклической ошибки X	25.4000 нм			
Рассчитанная скорость подачи	1008.6 нм/мин			
Смещение центра Z	491.7 нкн			
Смещение центра X	-211.4 нкн			
Отклонения от круглости	27.6 нкн			

Параметры теста

Радиус	150.0000мм
Скорость подачи	1000.0мм/мин
Начало/Конец/Забор	270°/270°/180°
Порядок проходов	ПО ЧС ПРОТИВ ЧС
Тестируемая область	
Частота считывания	27.778Гц

Рисунок – 38 Меню анализа данных

3.2 Проверка вертикально-фрезерного станка TOPPER 720AD в плоскостях XZ и YZ

Проверка проводится аналогично проверке в плоскости XY, за исключением того, что для подъема магнитной опоры над столом на нужную высоту используется кронштейн из дополнительного комплекта для проверки токарных станков (рис. 39-40).



Рисунок – 39 Дополнительный комплект для проверки токарных станков



Рисунок – 40 Устанок кронштейна на станке для проверки в плоскости XZ

3. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ И ПОРЯДОК ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Работа выполняется бригадами. Первое занятие – ознакомление с системой. Последующие – испытание станков Torper 720AD, 16K20Ф3 и STM100 на точность. Каждая бригада проводит исследование каждого станка в одной из программно управляемых плоскостей.

4. ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

К защите работы допускаются студенты, выполнившие задание и оформившие отчет.