

РАЗРАБОТКА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И НАСТРОЙКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

И.В. Сурков, О.С. Красикова

Эффективность развития современного общества во многом определяется техническим прогрессом в машиностроении. Большую часть изделий в машиностроении получают с помощью механической обработки. При этом неотъемлемой частью технологической системы является режущий инструмент (РИ). Точность изготовления (восстановления) РИ и точность определения параметров настройки, обеспечивающих заданное положение инструментальных комплектов в системе координат станков с ЧПУ, являются основными факторами для достижения высокой точности процессов механообработки.

При изготовлении и восстановлении РИ необходимо обеспечить как точность профиля формообразующих кромок, так и точность расположения кромок относительно базовых поверхностей инструмента или друг друга (для многозубых РИ).

В лабораториях инструментальных цехов и заводов основным средством контроля геометрических параметров новых и восстановленных РИ являются оптические микроскопы разных типов: универсальные и инструментальные. В российском машиностроении широко применяют УИМ-21, УИМ-23, УИМ-24, ДИП-3, ДИП-6 и БМИ, а также аналогичные по конструкции микроскопы зарубежных фирм-производителей. Удачная конструкция, реализация двухкоординатной схемы измерения, наличие большой номенклатуры штатных и дополнительных средств оснащения (оптические головки с наборами сменных объективов, системы подсветки, приспособления и оснастка для базирования различных деталей и инструментов, контактные измерительные головки (ИГ) различных типов) обеспечивают высокую гибкость и универсальность измерительных микроскопов (ИМ). Одним из недостатков микроскопов является то, что минимальная погрешность измерения ($\pm 0,0015$ мм) достигается при использовании контактных методов (электроконтактная ИГ, измерительные ножи и т.д.), применение которых для контроля сложнопрофильных кромок РИ трудно реализуемо. При контроле размеров режущего инструмента оптическим методом точность измерения зависит от квалификации оператора-контролера, а так как изображение на границе детали расплывчато и точка отмечается интуитивно, то погрешность измерения ухудшается до $\pm 0,005$ мм. Другим крупным недостатком ИМ является отсутствие средств механизации и автоматизации. Перемещение измерительных кареток, считывание координат с оптических шкал, обработка информации и расчеты линейно-угловых параметров измеряемых деталей и РИ ведутся в основном вручную. Микроскопы серии ДИП и некоторые другие модернизированные модели оснащаются оптикоэлектронными измерительными линейками, сигналы с

которых в зависимости от комплектации ИМ обрабатываются устройством цифровой индикации, электронно-расчетным блоком или персональным компьютером (ПК) с внешним или встроенным электронным модулем и специальным программным обеспечением (ПО). Последний вариант комплектации позволяет увеличить производительность и степень автоматизации процессов измерений, но в то же время, устаревшие математические модели и алгоритмы, положенные в основу используемых сегодня версий ПО не дают в полной мере реализовать возможности многоточечных координатных методов контроля.

Для лезвийной обработки на станках с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерно-расточной (СФР) группы используют большую номенклатуру РИ разнообразных типов и конструкций. На современных станках с ЧПУ стараются не использовать конструкции инструментальных магазинов и револьверных головок, в которых РИ устанавливался бы напрямую, без использования разнообразных вспомогательных инструментов: оправок, втулок, патронов, державок, инструментальных блоков. Установка резцов непосредственно в позиции револьверных головок токарных станков с ЧПУ значительно увеличивает время замены изношенных и настройки новых РИ, уменьшает гибкость технологической системы.

Станки с ЧПУ в основном работают в условиях многономенклатурного автоматизированного производства, поэтому их инструментальная оснастка должна обеспечить производительность и надежность процессов механической обработки, обладать гибкостью, позволяющей с минимальным временем переналадки последовательно выполнять технологические операции обработки различных деталей заданной номенклатуры. Станки оснащаются инструментальными магазинами, в которых заранее устанавливаются необходимые для выполнения каждой операции наборы инструментальных комплектов (ИК). ИК – это функциональный сборочный модуль, в состав которого входит закрепляемый РИ и набор вспомогательных инструментов (ВИ), обеспечивающих базирование в шпинделе, инструментальном магазине или на суппорте станка [1]. Разнообразие типов станков и конструкций РИ вызывает необходимость большого числа способов установки и смены инструмента. Разработаны и широко применяются стандартные и корпоративные системы ВИ для станков токарной и СФР группы. В российской промышленности для станков токарной группы в основном применяют системы ВИ, обеспечивающие базирование на станках с помощью цилиндрических оправок. Для станков СФР группы используют системы ВИ с конусами 40, 45, 50 по ISO [2], для высокоскоростной обработки применяют конуса HSK. Известны оригинальные корпоративные разработки конструкций ВИ, например, система KAPO фирмы SANDVIK Coromant (Швеция) [3].

Точность механической обработки на станках с ЧПУ имеет обратную зависимость от величины погрешности положения формообразующих кромок РИ в системе координат станка, как при позиционировании, так и при выполнении контурной обработки. Поскольку каждый РИ и соответственно

ИК имеет свои индивидуальные геометрические параметры, то в программное обеспечение систем ЧПУ встраивают информационные таблицы (таблицы корректоров), содержащие данные о фактических координатах положения формообразующих кромок РИ относительно базовых точек ИК, и математические модели для внесения соответствующих поправок в траекторию движения РИ. В стандартных системах ВИ для токарных станков базовой точкой является пересечение оси цилиндрического хвостовика оправки и упорного торца. Базовая точка ИК для станков СФР группы – это пересечение оси конической части оправки и упорного торца.

Данные в таблице корректоров необходимо обновлять при установке новых ИК, а также периодически для учета влияния размерного износа формообразующих кромок РИ при обработке. Для этого в ПО современных систем ЧПУ включены стандартные циклы и подпрограммы, которые позволяют определить фактические координаты формообразующих кромок РИ для каждого ИК непосредственно на станке. Чаще всего в наладочном режиме производят касания кромками РИ базовых поверхностей предварительно обработанных деталей, эталонных оправок или шаблонов с заранее известными размерами, которые установлены в рабочей зоне станка и привязаны к его системе координат. При фиксации достигнутого положения рабочих органов станка системой ЧПУ производится считывание текущих координат, расчет и запись в таблицу корректоров параметров настраиваемого ИК. Все большее распространение получают автоматизированные методы настройки и технической диагностики состояния РИ: измерительные руки с контактными датчиками, оптические и лазерные системы.

В любом случае, при выполнении процесса настройки на станке снижается экономическая эффективность, т.к. в этот момент оборудование не выполняет свою основную функцию – обработку деталей.

Для сокращения времени простоя оборудования, особенно при установке набора ИК для обработки новой детали, целесообразно заранее определить координаты положения формообразующих кромок РИ относительно базовых точек ИК с помощью приборов предварительной настройки вне станка. На предприятиях России и стран СНГ в основном применяют приборы, выпущенные Челябинским инструментальным заводом и ЗАО «ЧелябНИИконтроль». Модели БВ-2010, БВ-2012 и БВ-2026 предназначены для настройки инструментальных комплектов токарных станков с ЧПУ, модели БВ-2015 и БВ-2027 используют совместно со станками СФР группы. На этих приборах имитируются базовые поверхности станочных модулей:

- в приборах для токарных станков - это посадочное отверстие, аналогичное отверстию на револьверной головке станка, в которую устанавливается ИК (рисунок 1а);

- в приборах для станков СФР группы для установки настраиваемого ИК с коническим хвостовиком применяется поворотный модуль, базовые поверхности которого имитируют шпиндель станка (рисунок 1б).

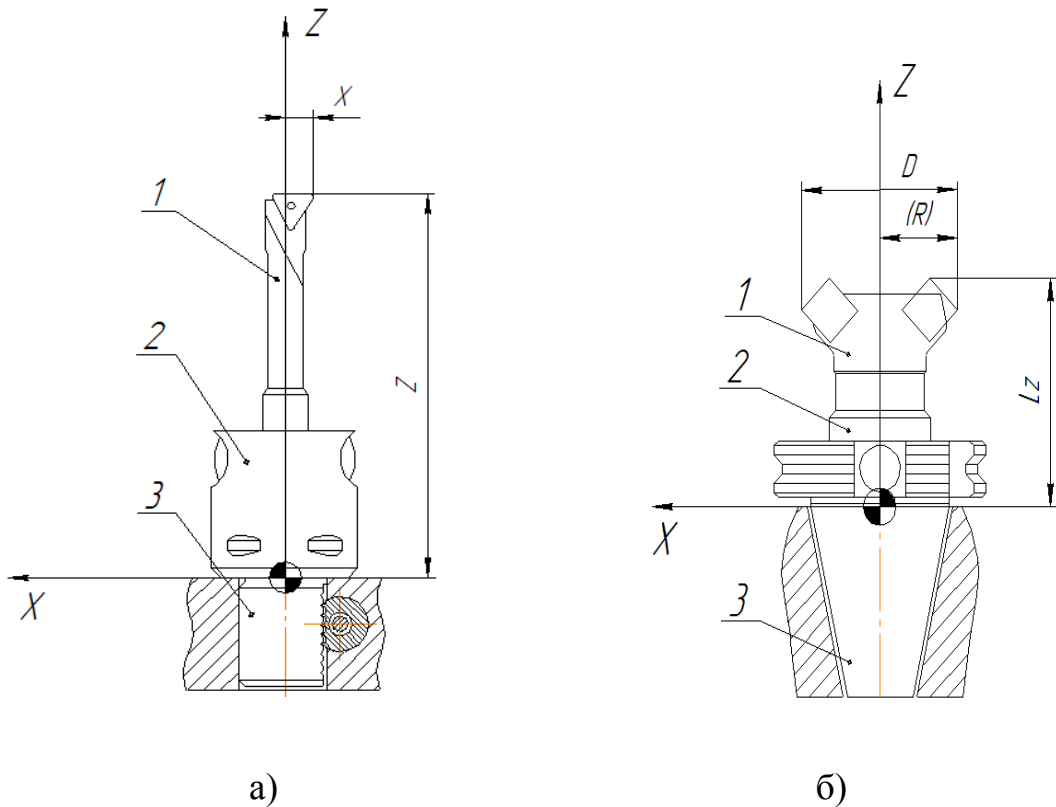


Рисунок 1 – Схема определения размеров настройки инструментальных комплектов (1- РИ; 2 - оправка; 3 – хвостовик)
 а) Прибор НИИК-2026 для токарных станков;
 б) Прибор НИИК-2027 для станков СФР группы

Перемещения измерительных кареток с установленной оптической системой (проектор или микроскоп М12) вдоль координат X и Z (X и Y) производятся вручную. Совместив линии перекрестия оптической системы с формообразующими кромками РИ, определяют координаты их положения относительно базовых точек ИК. Для отсчета координат на современных моделях приборов применяют комплект из 2 оптикоэлектронных измерительных линеек и устройства цифровой индикации. Для определения местоположения базовой точки ИК в системе координат прибора производят первичную и периодическую настройку по эталонной оправке с аттестованными размерами. Эти приборы надежны в эксплуатации, но обладают малой степенью автоматизации и практически не механизированы.

Произшедший в последние годы рост выпускаемой продукции предприятиями машиностроительного комплекса требует не только обновления парка технологического оборудования, но и закупки новых приборов, систем технического контроля и управления. Мировые тенденции развития систем контроля и сокращение кадров квалифицированных метрологов и контролеров требуют создания многофункциональных систем и приборов с высокой степенью автоматизации, особенно в области обработки метрологической и технологической информации. Очевидно, что на

машиностроительных предприятиях необходимо внедрять новые методы и средства контроля, в том числе наиболее эффективные на сегодняшний день координатные измерительные машины (КИМ), приборы и системы различных компоновок и типоразмеров. Положенный в основу работы КИМ координатный метод измерения является наиболее универсальным и может эффективно применяться для автоматизированного контроля широкой номенклатуры деталей (в том числе РИ и ИК).

Принципиальная основа координатного метода измерения заключается в том, что любую поверхность или профиль можно представить состоящей из бесконечного числа отдельных точек и если известно положение в пространстве какого-то ограниченного числа этих точек (массив точек), т. е. определены их координаты, то по соответствующим формулам (алгоритмам) можно рассчитать размеры этих поверхностей (профилей) и отклонения формы, а также определить расположение поверхностей (профилей) в пространстве и между собой (координатные размеры и отклонения расположения). Для повышения точности и достоверности расчета необходимых линейно-угловых параметров применяют стратегии многоточечных измерений для каждой поверхности и очень сложные расчетные методики, которые практически невозможно реализовать без использования специализированного метрологического программного обеспечения.

Российские приборы для настройки ИК вне станка и универсальные микроскопы, применяемые в инструментальном производстве, в основном обеспечивают двух или трехкоординатную схему измерения, что дает возможность использовать все преимущества координатной методики измерений. Очевидно, что параллельно с проектированием и внедрением на российских предприятиях новых моделей универсальных и специализированных КИМ, приборов и систем необходимо разработать варианты модернизации (ретрофиттинга) существующих конструкций измерительных приборов и систем, что позволит значительно снизить временные и финансовые затраты.

Специалистами ЗАО «ЧелябНИИконтроль» совместно с сотрудниками и магистрантами кафедры технологии машиностроения ЮУрГУ разработана оптико-электронная измерительная система НИИК-890 «ОпТИС» [4, 5]. Система может быть использована как самостоятельное средство измерения, так и в качестве дополнительного модуля при модернизации различного измерительного оборудования (микроскопы, координатные измерительные машины, приборы для размерной настройки режущего инструмента вне станка, навесная система для настройки и диагностики состояния режущего инструмента на станке с числовым программным управлением). В базовой комплектации в систему НИИК-890 входит цифровая видеокамера (VEC-535 (5,17 Мп), VEC-335 (3,35 Мп), Sony (1,23 Мп), Olympus, Carl Zeiss или другие модели по согласованию с Заказчиком), оснащенная интерфейсным соединением с ПК. Отсчет координат перемещений измерительной каретки модернизируемого прибора обеспечивается линейными энкодерами Renishaw

или ЛИР с дискретностью до 0,05 мкм, сигналы с которых обрабатываются и через USB-разъем передаются в ПК с помощью электронного модуля НИИК-801. Важной частью системы является разработанное специализированное программное обеспечение «ТехноКоорд» с интегрированным программным модулем для оптических измерений. Программа обеспечивает режим прямого и реверсивного измерения в ручном и автоматическом цикле. Возможность работы с САД-моделью измеряемой детали, удобный интерактивный интерфейс, автоматизация процессов выбора стратегии измерения типовых поверхностей, обработки данных и формирования протоколов результатов измерения значительно упрощают работу оператора-контролера. Рост производительности операций контроля достигается за счет использования технологии «Системы технического зрения». Функция автоматического распознавания кромки измеряемой детали позволяет реализовать режим многоточечных измерений в двойной системе координат: «ПЗС-матрица камеры/энкодеры измерительной системы».

На сегодняшний момент произведена модернизация микроскопов ДИП-3 (рисунок 2) в лаборатории Челябинского инструментального завода, УИМ-21 и Carl Zeiss в лаборатории ЗАО «ЧелябНИИконтроль», БМИ в учебной лаборатории кафедры технологии машиностроения ЮУрГУ. Проводится разработка практических методов автоматизированных измерений типовых деталей инструментального производства, пополняется база данных подпрограмм измерения.

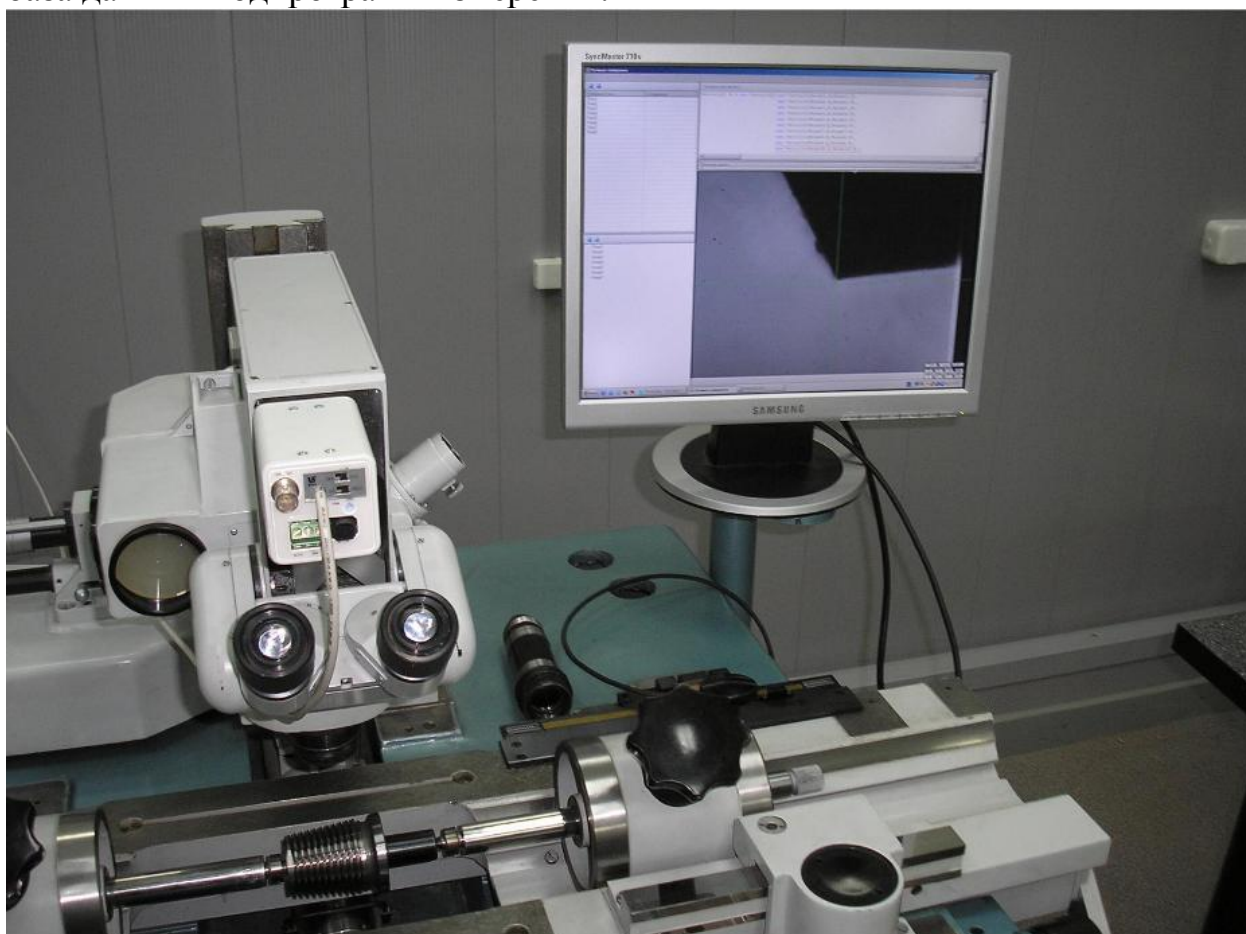


Рисунок 2 – Модернизация микроскопа ДИП-3

Разработан, изготовлен и поставлен потребителю новый прибор для настройки инструментальных комплектов СФР станков НИИК-2027К (рисунок 3). Прибор оснащен системой НИИК-890 с новым модулем подсветки. Кроме стандартных возможностей (определение координат положения формообразующих кромок РИ относительно базовых точек ИК) режущий инструмент проверяется на наличие износа, лунок или сколов. Анализируются и измеряются размеры элементов (диаметры, радиусы скруглений), биение и углы контура кромки. В качестве дополнительной опции прибор оснащается принтером для печати этикеток с данными о размерах для настройки станка.

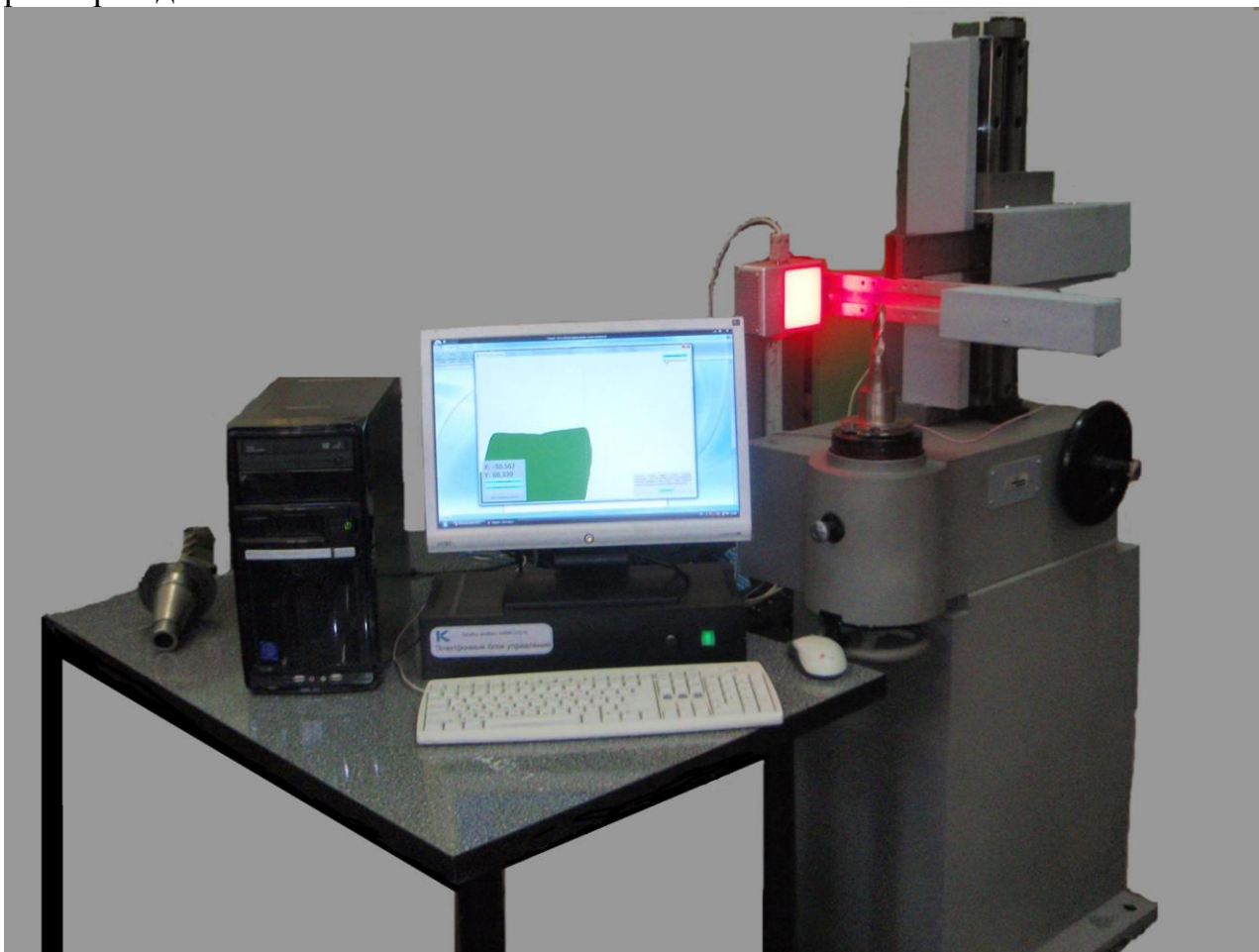


Рисунок 3 – Прибор для размерной настройки ИК станков СФР группы НИИК-2027К

Помимо решения задач по модернизации существующих приборов, проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проектированию новых типов приборов для реализации измерений в автоматическом цикле.

Библиографический список

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник. В 3-х т. Т. 2. Расчет и конструирование узлов и элементов станков/ А.С. Проников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев и др.; Под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1995. – 320 с.: ил.
2. Кузнецов, Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник/ Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с., ил.
3. Каталог SANDVIK Coromant (Швеция) «Вращающийся инструмент»
4. Сайт Internet: www.toolmaker.ru.
5. Сурков И.В. Программно-аппаратный комплекс для автоматизированного контроля на базе системы технического зрения / И.В.Сурков, А.С.Курочкин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006.- С.25-27.