

УДК 658.58; 658.523

Н.С. Масляков, ведущий инженер, **А.Г. Исхаков** студент,
Научный руководитель: **М.С. Островский**, д.т.н., проф.,
Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

n.s.maslyakov@gmail.com, iskhakov_ag@mail.ru

Модернизация универсальных станков интерактивной компьютерной системой управления и её влияние на технологические показатели при изготовлении деталей

Рассмотрены вопросы повышения эффективности использования универсального станочного оборудования в ремонтном производстве. Проанализированы особенности интерактивной компьютерной системы управления универсальными станками и их влияние на технологические показатели при изготовлении запасных частей.

Ключевые слова: интерактивная компьютерная система управления, ПроЭмулятор, универсальное станочное оборудование, модернизация, технологические показатели, производство запасных частей.

N.S. Maslyakov, A.G. Ishakov, M.S. Ostrovskiy

Modernization of versatile machine tools by interactive computer control system and its influence on technological parameters at production of details

The authors consider question of increase of efficiency of use versatile machine tools in rapier manufactory. In the paper the author analyses features of an interactive computer control system by versatile machine tools and their influence on technological parameters at production of spare parts.

Key words: Interactive computer control system, versatile machine tools, ProEmulator, modernization, technological parameters, production of spare parts.

В последнее время, в связи с возросшим разнообразием потребительских потребностей возрастает роль единичного и мелкосерийного производства машиностроительной продукции. Данная ситуация особо актуальна применительно к производству запасных частей для обеспечения ремонта средств механизации промышленных предприятий. Анализ текущей ситуации в данной области выявил, что для имеющихся производственных условий ремонтных предприятий характерно: дефицит квалифицированных рабочих-станочников;

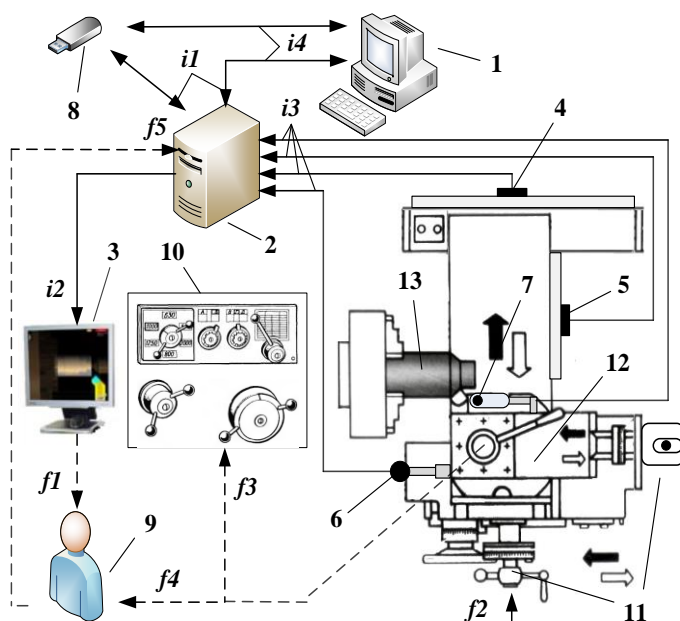
моральный и физический износ универсального станочного оборудования; низкий уровень качества, большой процент брака и длительные сроки изготовления продукции; отсутствие оперативного контроля качества производимой продукции; отсутствие оригинальных чертежей деталей и технологий их изготовления; применение неэффективных видов технологических процессов; низкий уровень информационной поддержки конструкторско-технологической подготовки и управления производством.

По нашему мнению, для решения данных проблем для производства запасных частей в ремонтном производстве необходимо чтобы применяемое станочное оборудование, отвечало следующим требованиям:

1. повышенная гибкость, высокая надёжность работы и точность;
2. простота обслуживания, невысокие требования к квалификации рабочего-станочника и повышенная безопасность работы;
3. оперативный контроль качества деталей в процессе их изготовления;
4. стабильность качества при мелкосерийной обработке;
5. информационная связь с участниками производственного процесса;
6. невысокая себестоимость и затраты на эксплуатацию.

В результате анализа принципов работы традиционных типов станочных систем: универсальных станков с ручным управлением (РУ) и станков с числовым программным управлением (ЧПУ) выявлено, что они не отвечают ряду сформулированных требований. В связи с этим, необходимо комплексное инновационное решение, которое должно сочетать в себе особенности и универсальных станков – их гибкость и станков с ЧПУ – стабильность качества, высокая надёжность и точность обработки при невысоких требованиях к квалификации рабочего. Наиболее успешное решение такой задачи принадлежит российской компании ООО «Техстанко-21», разработавшей интерактивную компьютерную систему управления (ИКСУ) универсальными металлорежущими станками «ПроЭмулятор».

ПроЭмулятор (эмулятор профессий) - устройство для визуального контроля на экране монитора и управления реальным процессом обработки деталей на универсальных станках в режиме активной видео- и аудио подсказки. В основу ИКСУ положено использование современных информационных технологий для создания виртуальной реальности, полностью соответствующей фактическим параметрам процесса обработки детали. Это достигается подключением к компьютеру датчиков положения, устанавливаемых на реальном оборудовании. На рисунке 1 приведена схема работы аппаратной части ИКСУ для токарной обработки.



Каналы связи элементов

→ - Информационные каналы - *i*n

i1 - передача электронного задания в блок управления;

i2 - интерпретация электронного задания и передача её на дисплей в графическом виде;

i3 - обратная связь от преобразователей и устройств, установленных на станке (передача оперативной информации);

i4 - обратная связь ИКСУ с модулем контроля выполнения заданий.

→ - Физические каналы - *f*n

f1 - восприятие оператором графической информации (управляющая информация);

f2 и *f3* - воздействие на исполнительные механизмы станка через органы управления (управляющее воздействие);

f5 - обратная связь по управлению технологическими механизмами дискретного действия через наблюдение оператором по каналу *f4*.

Рис. 1. Схема работы аппаратной части ИКСУ универсального токарного станка:

1 - модуль контроля выполнения задания на ИКСУ; *2* - блок управления; *3* - дисплей системы; *4* и *5* - преобразователи линейных перемещений продольной и поперечной подачи; *6* - электронный измерительный щуп; *7* - веб-камера для контроля состояния инструмента; *8* - электронное задание для обработки; *9* - оператор; *10* - органы управления приводами главного движения и подачи; *11* - маховики для ручного и ручка для полуавтоматического перемещения режущего инструмента; *12* - исполнительные узлы и механизмы станка; *13* - обрабатываемая деталь.

Компьютер, являясь основой ИКСУ, не управляет станком, а лишь отображает на экране монитора объёмные контуры заготовки шаблона детали, инструмента, элементов станка (суппорт, патрон с кулачками, пиноль, и т. д.). Все движению виртуального инструмента на экране дисплея ИКСУ соответствуют перемещениям режущего инструмента, совершаемым в ручную рабочим-станочником на станке. Кроме того на дисплее отображаются объёмные, изменяющиеся в процессе обработки, контуры и размеры обрабатываемой заготовки с размещённым внутри её шаблоном детали. Рабочему не надо сверять результаты обработки с чертежом детали, производить замеры в процессе обработки и т. д. устройство само своевременно подскажет, какие рукоятки необходимо повернуть на станке, каким резцом надо обработать тот или иной участок заготовки, или сообщит, является ли оптимальным выбранный режим обработки. Сообщения могут приходить в виде бегущей строки, видео клипа, звукового и цветового сигналов. За всеми действиями рабочего «наблюдает» квалифицированный виртуальный технолог-наставник, направляющий и корректирующий исполнителя. На Рисунке 2. приведён вид интерфейса программного обеспечения, отображаемого на дисплее ИКСУ в режиме «Наставник».

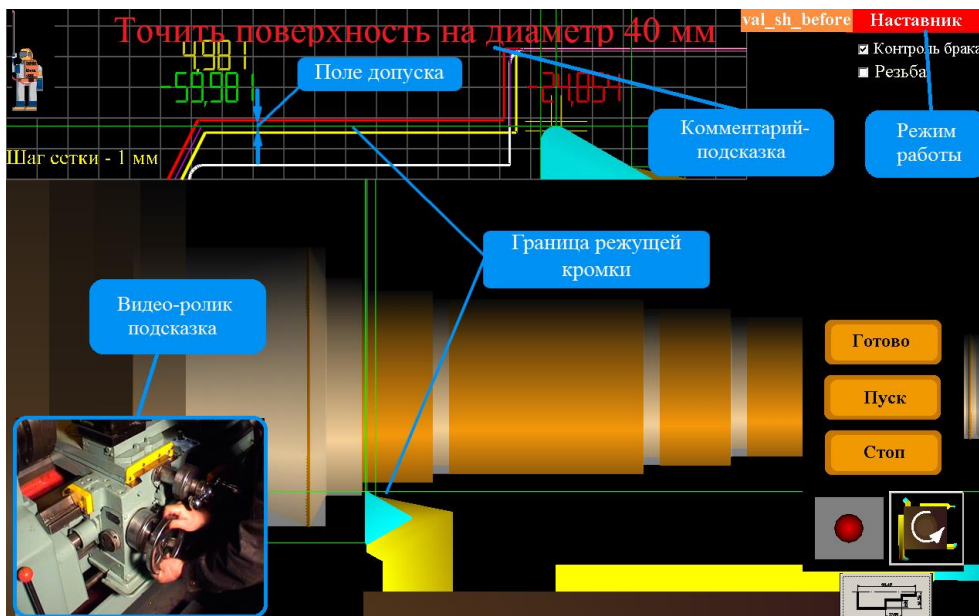


Рис. 2. Вид интерфейс программного обеспечения ИКСУ ПроЭмулятор в режиме «Наставник»

В зависимости от области применения и первоначальной профессиональной подготовки рабочего, системы, построенные на базе устройств ИКСУ, различаются, как по конструктивному исполнению, так и по набору функциональных возможностей и режимов работы. Устройства на базе ИКСУ изготавливаются в трёх вариантах: виртуальный тренажёр; тренажёр, оснащённый реальным малогабаритным станком и устройство для оснащения универсальных станков (рис. 3).

В первом варианте ИКСУ поставляется смонтированным на специализированной стойке совместно с преобразователями, имитирующими действия станочника, работающего на универсальном оборудовании. Такая конструкция позволяет полностью моделировать процесс обработки детали, без фактического её изготовления, получить первичные навыки работы на станке, основы теоретических знаний в области допусков, инструмента и т. д.



Рис. 3. Варианты устройств на базе ИКСУ ПроЭмулятор

Во втором варианте, на аналогичной стойке, помимо ИКСУ монтируется малогабаритный универсальный станок, позволяющий изготавливать детали небольших размеров любой сложности. Полученные в результате навыки позволят перейти к работе на любом универсальном оборудовании.

Описанные первые два варианта систем ИКСУ предназначены, в основном, для проф. тех. образования и позволяют в кратчайшее время подготовить высококвалифицированных специалистов.

Третий вариант ИКСУ предназначен для работы в составе универсального оборудования. Как отмечалось выше, при установке на станке, ИКСУ позволяет изготавливать деталь по виртуальному копиру, отображаемому на экране монитора. От исполнителя (рабочего) требуется только аккуратно следовать за наставником. Высокая точность обработки обеспечивается за счёт использования преобразователей линейных перемещений и возможности использования метрической сетки с переменным масштабом. Кроме того, специальные функции, заложенные в ИКСУ, позволяют контролировать состояние инструмента в реальном масштабе времени, управлять движениями подачи, обеспечивать обработку невидимых глазом поверхностей (например – внутренняя расточка), повторяемость изготовления деталей и др.

Особое внимание разработчики ПроЭмулятора уделяют подготовке исходной документации. Имеющиеся программное обеспечение позволяет создавать чертежи деталей непосредственно на рабочем месте станочника, использовать чертежи созданные в системах Adem CAD, AutoCad, NanoCad и встроенном редакторе заданий Proemulator см. Рисунок 4.

При оснащении универсального станка ИКСУ происходит повышение эффективности процессов взаимодействия рабочего со станком, которая выражается в следующем:

1. Повышении точности обработки геометрических размеров поверхностей обрабатываемых деталей;
2. Снижение штучного времени обработки деталей;
3. Снижении процента брака при изготовлении деталей.

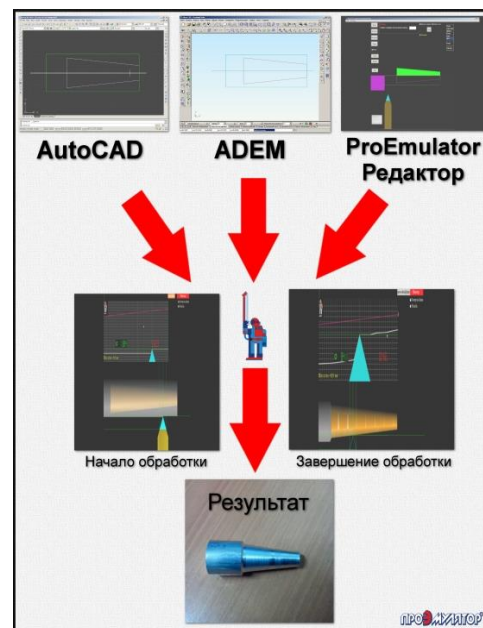


Рис. 4. Технологическая подготовка электронного задания для ИКСУ «ПроЭмулятор»

Исследованы технологические характеристики (точность геометрических размеров, штучное время и процент брака), достигаемые при модернизации универсального станка ИКСУ. Для их исследования на экспериментальном стенде проведены серии опытов.

Для исследования *точности обработки геометрических размеров* обработаны 30 образцов (рис. 5, а) и измерены полученные их фактические диаметральные размеры, которые должны соответствовать требованиям, приведенным на рисунке 5, б. В результате статистической обработки и анализа полученных данных (рис. 5. в) выявлено, что точность обработки геометрических размеров распределены по нормальному закону. Из графиков видно, что точность обработки геометрических размеров повысилась более чем на 65%.

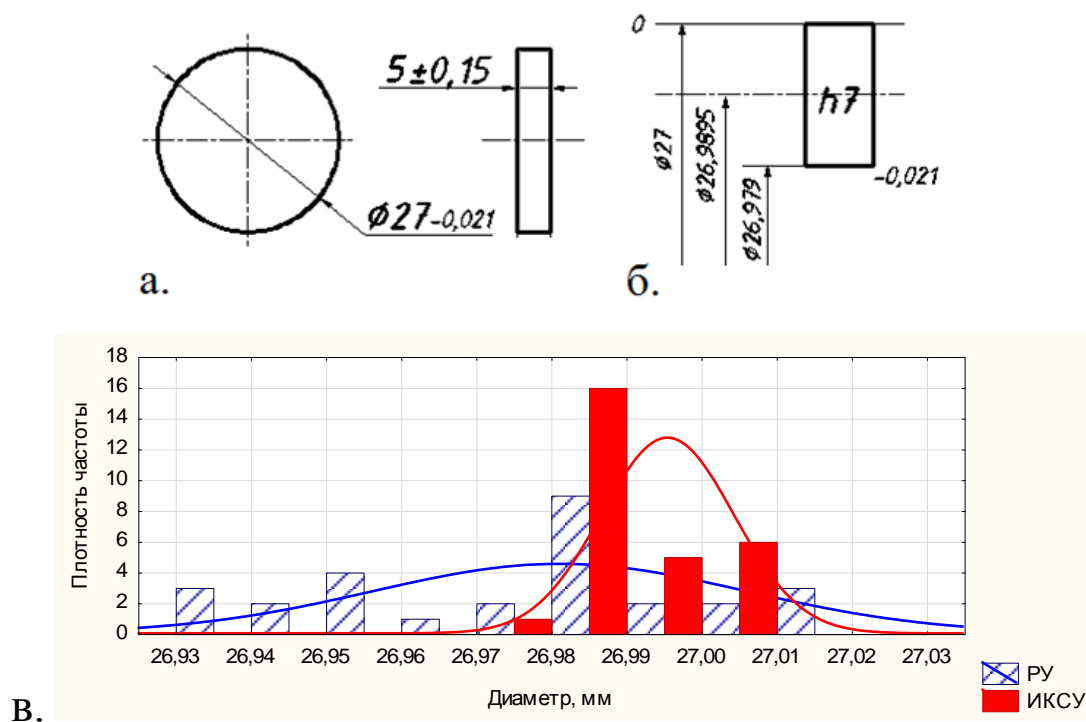


Рис. 5. Чертёж образца (а), схема поля допуска диаметра (б), гистограммы и кривые распределения (в) результатов измерений, полученных при обработке образцов на различных типах станочного оборудования для диаметральных геометрических размеров.

По результатам экспериментальных данных установлены зависимости процента брака от точности см. Рисунок 6. Из графиков видно, что применение ИКСУ приводит к снижению процента брака до 1% при обработке по 9-му качеству и ниже. Следует отметить, что указанная точность обработки для ремонтного производства является в большинстве случаев удовлетворительной.

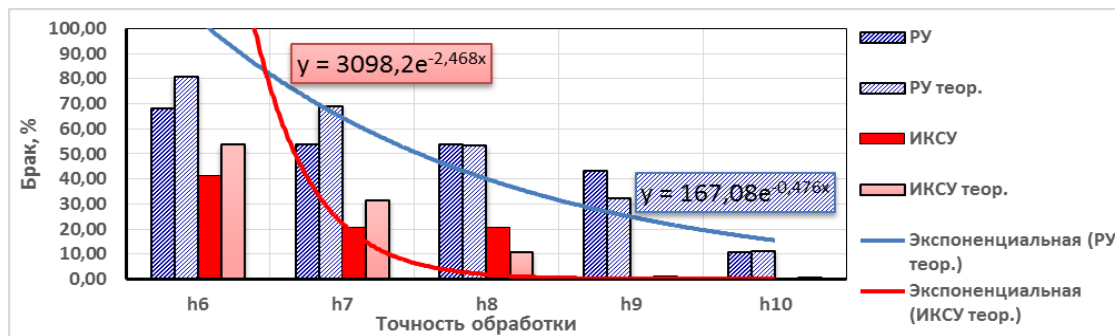


Рис. 6. Гистограммы распределения и графики зависимости процента брака от точности при обработке диаметральных поверхностей

Для исследования влияния модернизации универсального станка ИКСУ на цикл обработки детали удобно рассмотреть элементарный переход по обработке поверхности вращения, определяемой диаметром $d = 30h9$ и длиной $h = 10h14$ (рис.7). Также на данном рисунке приведена траектория перемещения режущего инструмента при выполнении перехода. Таблица 1. содержит состав и алгоритм приёмов образующих переход при обработке поверхности на различных типах станочного оборудования.

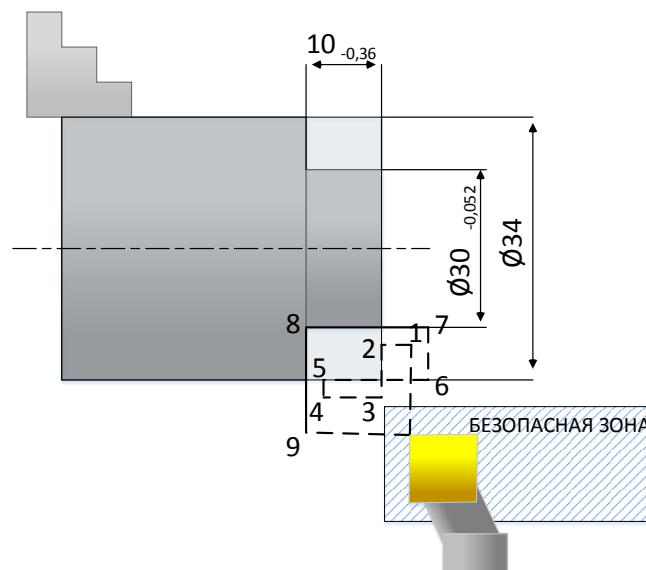


Рис. 7. Схема обработки образцов на экспериментальном стенде при измерение штучного времени

Для исследования влияния модернизации универсальных станков на штучное время выполнения переходов выполнена 30 одинаковых переходов образцов по схеме, приведённой на рисунке 7 в соответствии с данными таблицы 1, и измерены полученные фактические значения штучного времени (фотография рабочего времени). В результате статистической обработки и анализа полученных данных (рис. 8) установлено, что время обработки распределено по нормальному закону. Из графиков видно, что после модернизации универсального станка ИКСУ более чем на 50% сокращается штучное время выполнения переходов.

Получаемый при модернизации универсальных станков ИКСУ эффект достигается за счёт того, образуется скрытая обратная связь через оператора (рис. 1), что делает систему замкнутой и обеспечивает активный контроль при обработке детали. За счёт оснащения станка оптоэлектронными растровыми преобразователями, считывающими фактические линейные перемещения суппорта с точностью до 1 мкм, исключается ряд погрешностей, связанных с перемещением режущего инструмента, зависящих от конструктивных особенностей и технического состояния станка.

Таблица 1.

Состав и последовательность приёмов, входящих в технологический переход, включённых в штучное время при обработке поверхности на различных типах станочного оборудования

№ этапа	Содержание этапа для различных типов станочного оборудования	
	Универсальный станок с ручным управлением (РУ)	Универсальный станок с ИКСУ
1.	Переместить инструмент в точку 1	Переместить инструмент в точку 1, установив его на обработку диаметра 29,97 мм
2.	Переместить инструмент в точку 2 (коснуться торца, установить ноль на лимб маховика продольной подачи)	
3.	Переместить инструмент в точку 3	
4.	Переместить инструмент в точку 4	
5.	Переместить инструмент в точку 5 (коснуться диаметра, установить ноль на лимбе маховика поперечной подачи)	
6.	Переместить инструмент в точку 6	
7.	Установить инструмент на диаметр 29,97 мм в точку 7	
8.	Включить вращение шпинделя	
9.	Переместить инструмент в точку 8 на расстояние 9,6 мм	
10.	Вывести инструмент из зоны резания в точку 9	
11.	Переместить инструмент в безопасную зону	
12.	Остановить вращение шпинделя	
13.	Измерить полученную поверхность – обнулить показания штангельциркуля, измерить диаметра (длина на измерялась)	х

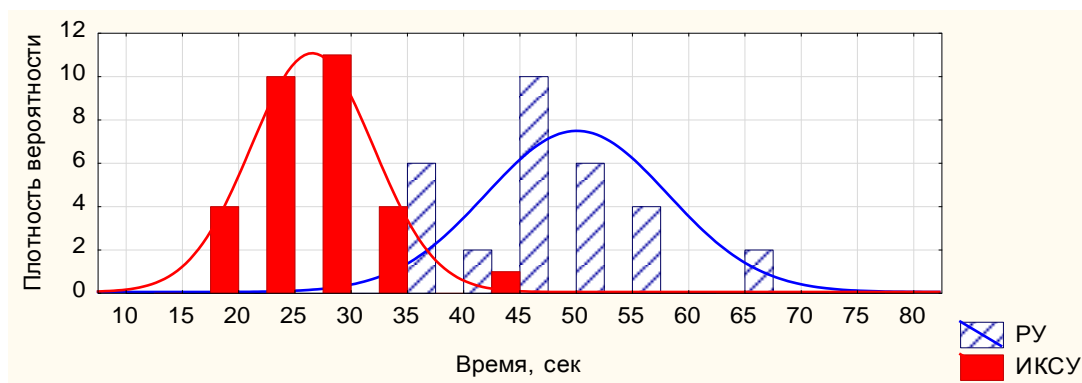
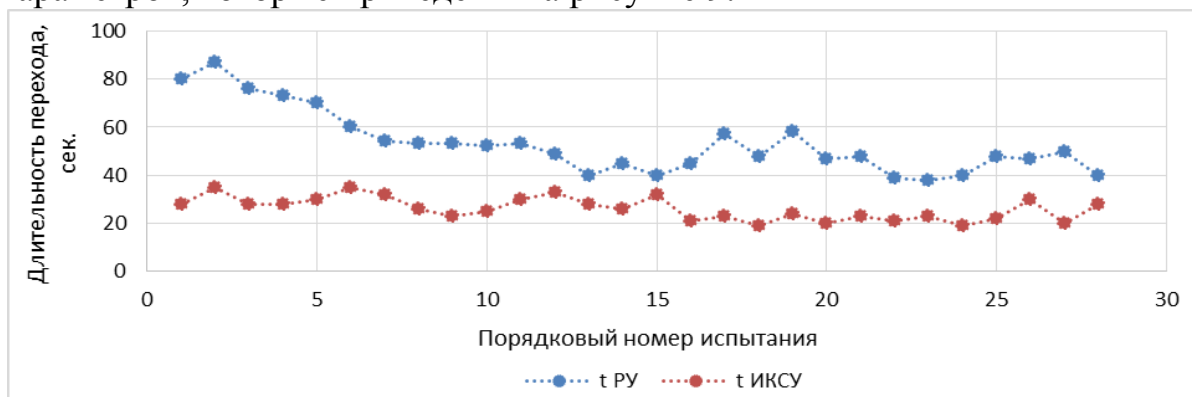
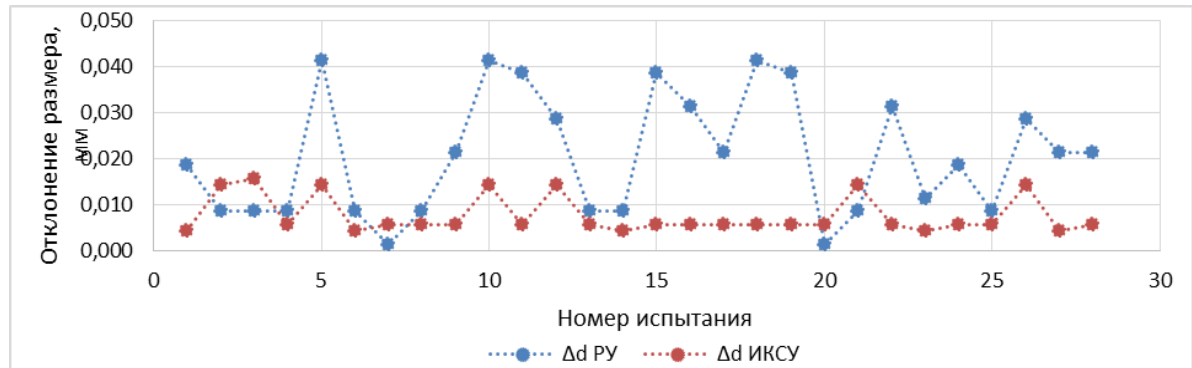


Рис. 8. Гистограммы и кривые распределения экспериментальных значений штучного времени при обработке образцов на различных типах станочного оборудования

Активный контроль способствует сокращению штучного времени, за счёт освобождения оператора от проведения рутинных промежуточных измерений и интерактивного принципа работы ИКСУ с наглядным интерфейсом, виртуально-имитирующим реальный процесс обработки за счёт их синхронизации. Окончательное решение по управлению станком принимает оператор, а ИКСУ помогает лишь в обосновании его правильности. Оператору не требуется запоминать исходную информацию, продумывать порядок выполнения переходов, что обеспечивает снижение требований к его квалификации. Это подтверждают и хронологические графики изменения исследуемых параметров, которые приведены на рисунке 9.



а



б

Рис. 9. Хронология изменения времени (а) и отклонения размера обработанной поверхности (б) при проведении повторных испытаний для универсальных станков с: *ПУ* – ручным управлением и *ИКСУ* – интерактивной компьютерной системой управления.

Проанализировав приведённые графики, можно сделать вывод о том, что процесс обработки на универсальном станке с ИКСУ более стабильный и обеспечивает более высокие показатели по качеству и времени уже при первых испытаниях. Из графика (см рис. 9, а.) видно, что для достижения производительности работы оператора станка с ИКСУ рабочему-универсалу требуется большое количество повторений. График хронологии изменения времени (см. рисунок 9, б.) демонстрирует более

высокую точность обработки и стабильность её обеспечения уже на первых испытаниях, тогда как при работе на универсальном станке наблюдается тенденция ухудшения точности за счёт утомляемости рабочего, вследствие выполнения монотонной рутинной работы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при модернизации универсальных станков ИКСУ повышается точность, снижается процент брака, сокращается длительность обработки деталей и ускоряется процесс обучения. При этом оператор может быть сразу включен в производственный процесс при наличии базовых профессиональных знаний и навыков и понимания основ работы с системой ИКСУ, которая без ухудшения качества выпускаемой продукции позволяет параллельно под её наставничеством получить необходимый опыт. Достижимый технологический эффект позволяет универсальным станкам с ИКСУ в наибольшей степени соответствовать сформулированным к станочному оборудованию ремонтных предприятий требованиям.

Список литературы

1. **Гмурман В.Е.** Теория вероятности и математическая статистика. / В.Е. Гмурман – М.: Высшая школа, 2003, - 479 с.
2. **Соловьёв, В.П.** Организация эксперимента: учебное пособие / В.П.Соловьёв, Е.М. Богатов. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 256 с.
3. **Радкевич, Я.М.** Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. Для вузов./ Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе, Б .И. Лактионов. – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.
4. **Масляков, Н.С.** Преимущества универсальных станков с компьютерной системой управления / Н.С. Масляков // Сборник научных трудов, семинар «Современные технологии в горном машиностроении», 2012. – с. 404 – 412.
5. **Масляков, Н.С.** Требования к станочному оборудованию ремонтного производства / Н.С. Масляков, В.В. Камчаткин // Сборник научных трудов, семинар «Современные технологии в горном машиностроении», 2012. - с. 396-403.
6. **Веб-сайт** компании разработчика устройства ПроЭмулятор: [Электронный ресурс] // ООО «Техтанко-21». – Режим доступа www.proemulator.ru (15.11.2014).