

УДК 658.58; 658.523

**Н.С. Масляков**, аспирант,

Научный руководитель: **М. С. Островский**, д.т.н., проф., Московский государственный горный университет

E-mail: [kaftmr@mail.ru](mailto:kaftmr@mail.ru)

## **Преимущества универсальных станков, оснащенных компьютерной системой управления**

*Рассмотрены вопросы повышения эффективности использования универсального станочного оборудования в ремонтном производстве. Проанализированы особенности интерактивной компьютерной системы управления универсальными станками и их влияние на точность, и трудоёмкость обработки деталей.*

**Ключевые слова:** интерактивная компьютерная система управления, универсальное станочное оборудование, ремонтное производство, трудоёмкость механической обработки.

**N. S. Maslyakov**

## **Advantages of Versatile Machine Tools Fitted Out with an Interactive Computer Control System**

*The author considers question of increase of efficiency of use versatile machine tools in repair manufacture. In the paper the author analyses features of an interactive computer control system by versatile machine tools and their influence on accuracy, and machine time of processing of details.*

**Keywords:** Interactive computer control system, repair manufacture, versatile machine tools, machining time.

Одной из ключевых задач эффективной работы горнодобывающих предприятий является поддержание необходимого уровня надёжности эксплуатируемых машин и оборудования. Практика последних лет показывает, что при их эксплуатации горнодобывающие предприятия испытывают большие потери, связанные с необходимостью проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность проведения ремонтных работ, является обеспечение запасными частями. Данный процесс осуществляется либо путём закупки запасных частей у производителя машин и оборудования, либо силами ремонтно-механических заводов (РМЗ) или дочерних ремонтных предприятий (ДРП).

Как показывает практика, доля производства запасных частей силами РМЗ и ДРП мала, по отношению к объёмам закупаемых запасных частей. Это объясняется главным образом тем, что уровень организации и технического оснащения ремонтных предприятий весьма низок и неспособен удовлетворять потребности горнодобывающих предприятий в запасных частях. Парк металлорежущего оборудования ремонтно-механических цехов в основном представлен универсальным станочным оборудованием с ручным управлением (РУ), выпущенным ещё в СССР. Такие станки не только физически, но морально изношены, при этом эффективность их использования во многом зависит от квалификации рабочих. В условиях дефицита высококвалифицированных рабочих и низкой надёжности станочного оборудования встаёт вопрос, как наиболее эффективно использовать имеющиеся технические и трудовые ресурсы.

На сегодняшний день, для решения схожих проблем в условиях единичного и мелкосерийного производства российской компанией ООО «Техстанко-21» разработана интерактивная компьютерная система управления (ИКСУ) универсальными станками «ПроЭмулятор». ПроЭмулятор – это информационно-технологический комплекс, построенный на базе компьютера для визуального контроля на экране монитора и управления универсальными токарными, фрезерными, расточными, шлифовальными и др. станками см. рис. 1.



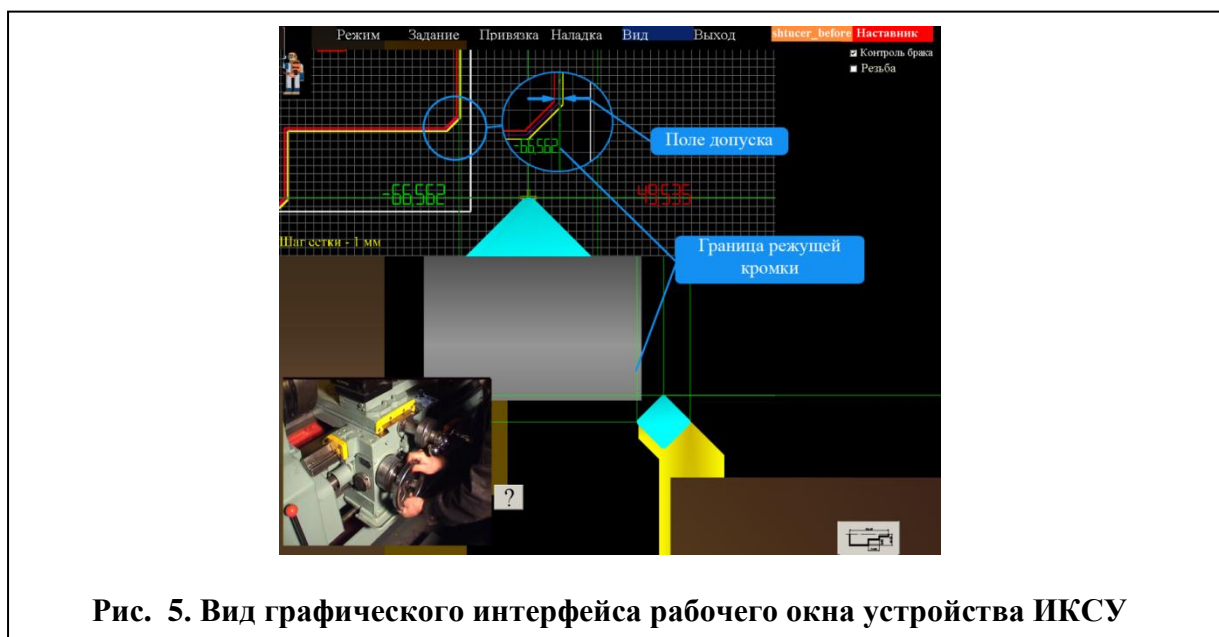
**Рис. 4. Универсальный токарный станок, оснащённый интерактивной компьютерной системой управления (ИКСУ)**

При оснащении (модернизации) универсального станка с РУ (технологической системы человек – станок) ИКСУ образуется новый тип технологической системы (человек – компьютер – станок), обладающий новыми техническими и технологическими свойствами. Монотонный труд рабочего сменяется на интеллектуальный труд оператора, выполняющего взаимодействие со станком посредством интерактивного интерфейса на экране монитора устройства. Игровой процесс, на котором построен

принцип работы устройства, позволяет совместить процесс обучения с производственным процессом, что даёт возможность привлечения к работе рабочих (операторов) не обладающих высокой квалификацией, без ухудшения качества выпускаемой продукции. При взаимодействии оператора с ИКСУ повышается квалификация выполнения работы, так как процесс обработки детали сопровождается аудио и видео подсказками устройства («подсказками виртуального наставника»).

Ещё одним преимуществом применения ИКСУ является повышение точности обработки деталей. Это достигается путём установки на станок датчиков линейных перемещений (точность датчиков до 1 мкм). Система считывает информацию с датчиков и передаёт её на экран монитора устройства в виде координат перемещения и элементов визуализации, которые виртуально имитируют выполняемые на станке процессы. К таким средствам визуализации относится масштабируемая сетка, на которой отображается электронный шаблон детали с допусками см. рис. 2.

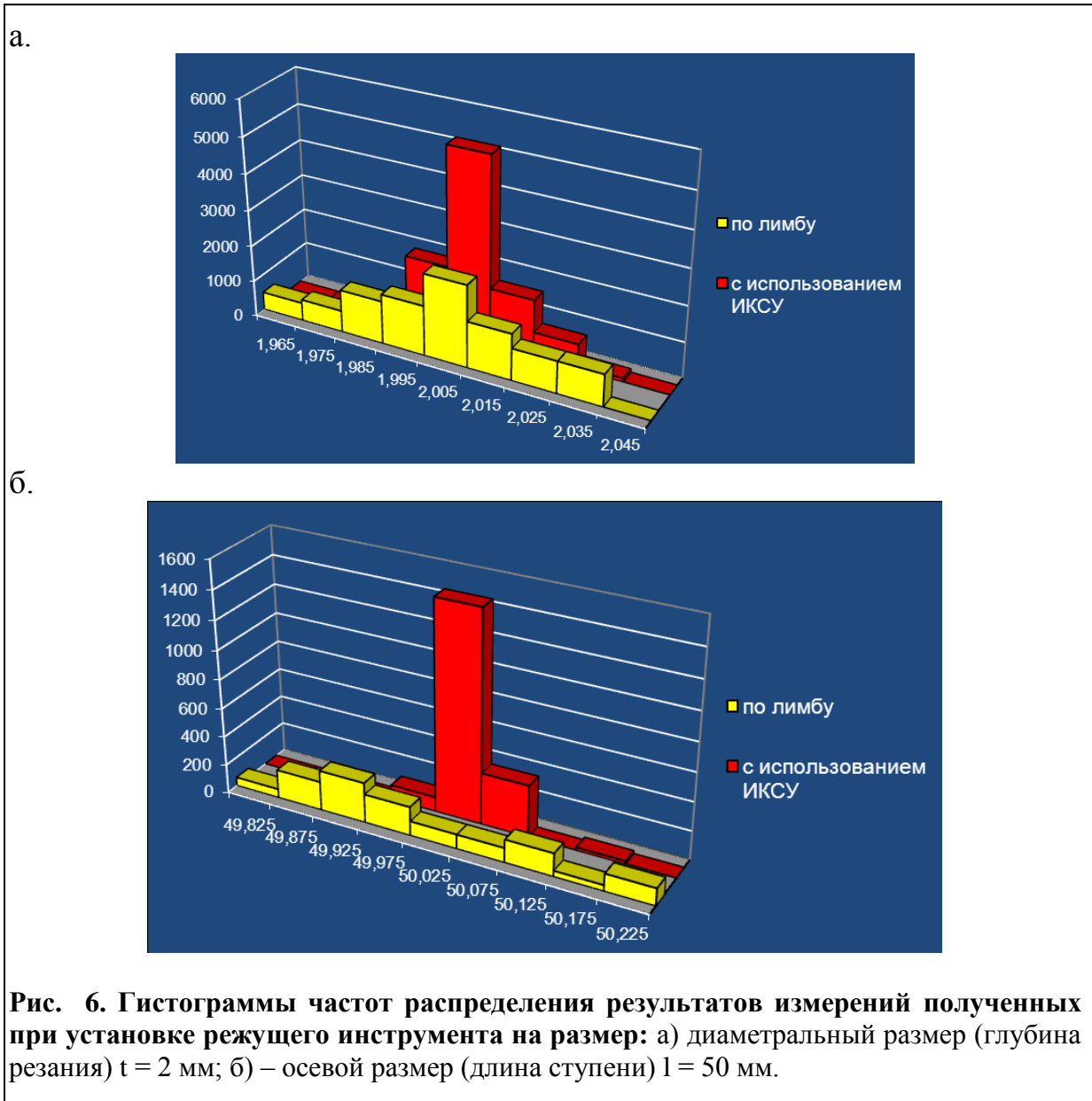
Перед обработкой детали оператор выполняет привязку инструментов к обрабатываемой заготовке, тем самым синхронизируя реальные элементы станка с виртуальными аналогами на экране монитора.



**Рис. 5. Вид графического интерфейса рабочего окна устройства ИКСУ**

Таким образом, установка на универсальный станок ИКСУ позволяет повысить точность изготовления деталей, о чём свидетельствуют показанные на рис. 3. гистограммы частот распределения результатов измерений, полученных в результате проведения эксперимента. Суть эксперимента заключается в проведении испытаний по установке режущего инструмента на размер (диаметральный или осевой). Число испытаний  $n = 100$ . Контрольный размеры: диаметральный – глубина

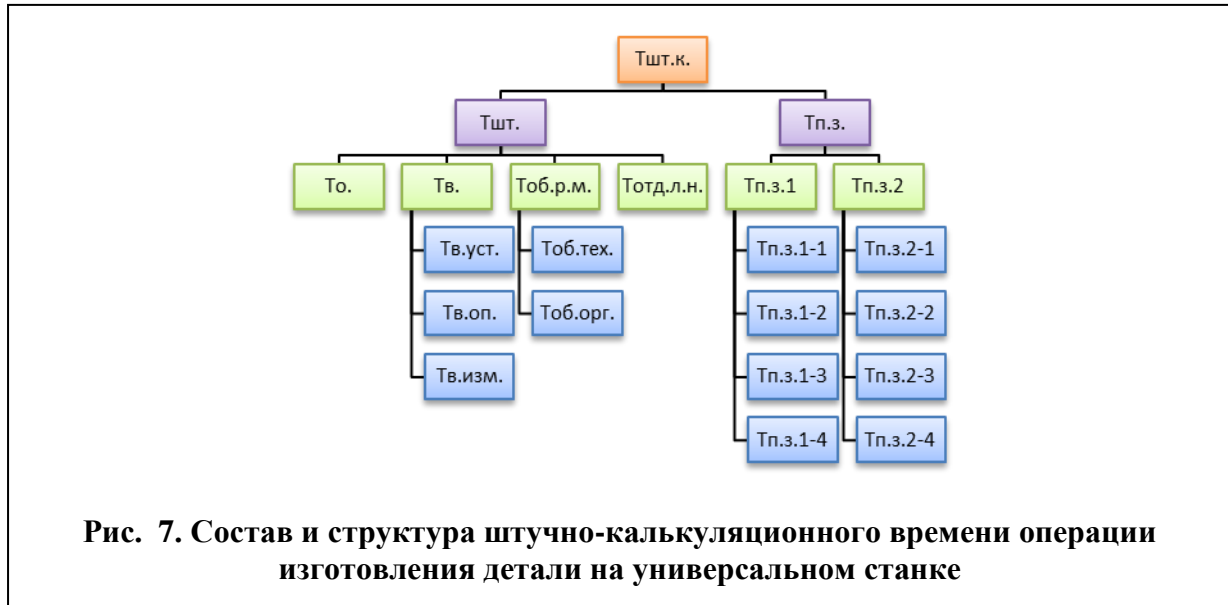
резания 2 мм; осевой – длина ступени 50 мм. Частичный интервал равен: для глубины резания – 0,01 мм; для длины ступени – 0,05 мм.



Полученные гистограммы частот распределения результатов измерений показывают, что при установке резца на указанные размеры вероятность попадания в номинальный размер, на станках с ИКСУ выше, чем на аналогичных с РУ. Это означает, что вероятность возникновения брака из-за неточности установки инструмента на установочный для обработки размер с использованием ИКСУ ниже, чем на универсальных станках с РУ.

Важнейшим критерием, демонстрирующим эффективность обработки деталей на металлорежущих станках, является трудоёмкость выполнения операций механической обработки. Величина данного критерия

определяется путём нормирования временных составляющих трудоёмкости, в соответствии с условиями и особенностями механической обработки деталей. Общая норма времени на операцию имеет представленную на рис. 4 структуру и состав.



На рис. 4 приняты следующие обозначения: Тшт.к. – штучно-калькуляционное время; Тшт. – штучное время; То. – основное (технологическое) время; Тв. – вспомогательное неперекрываемое время; Тв.уст. – вспомогательное время на установку и снятие детали; Тв.оп. – вспомогательное время, связанное с выполнением операции; Тв.изм. – вспомогательное время (неперекрываемое) на измерение; Тоб.р.м. – время обслуживания рабочего места; Тоб.тех. – время на техническое обслуживание; Тоб.орг. – время на организационное обслуживание; Тотд.л.н. – время на отдых и личные надобности рабочего; Тп.з. – подготовительно-заключительное время; Тп.з.1 – время на ознакомление с технической документацией (ТД) и инструктаж; Тп.з.1-1 – время получения задания на работу; Тп.з.1-2 – время на получение заготовки, инструмента, приспособления и ТД; Тп.з.1-3 – время ознакомления с чертежом и ТД; Тп.з.1-4 – время на инструктаж о порядке выполнения работы; Тп.з.2 – время на наладку станка, приспособления и инструмента; Тп.з.2-1 – время на установку приспособления и инструментов; Тп.з.2-2 – время наладки оборудования на соответствующий режим работы; Тп.з.2-3 – время снятия приспособления и инструмента после выполнения задания; Тп.з.2-4 – сдача приспособления, инструмента и тд.

При модернизации универсального станка ИКСУ происходит изменение величины Тшт.к. за счёт изменения временных составляющих подготовительно-заключительного времени (Тп.з.1; Тп.з.2 и Тп.з.3) и вспомогательного (Тв.пер. и Тв.изм.), которые дальше будем называть

переменными временными составляющими. Содержание процессов, определяющих переменные временные составляющие обработки детали на универсальном станке с РУ и станке с ИКСУ, приведены в табл. 1.

Таблица 3

**Содержание процессов переменных временных составляющих трудоёмкости изготовления детали на станках с РУ и ИКСУ**

Содержание процессов	
Универсальный станок с РУ	Универсальный станок с ИКСУ
<b>Тп.з.1 – время получения задания на обработку.</b>	
Передача технической документации (ТД) от мастера к рабочему.	Передача задания от мастера на станок через flash-память или локальную сеть.
<b>Тп.з.2 – время на ознакомление с работой, ТД и чертежом детали Тп.з.3 – время на инструктаж мастера о порядке выполнения работы Для ИКСУ - Тп.з.2 – время на просмотр демонстрации процесса обработки.</b>	
Изучение бумажной ТД и чертежа, запоминание алгоритма технологического процесса.	Просмотр программы-наставника в автоматическом режиме (демонстрация виртуального технологического процесса механической обработки детали в режиме «Демо»).
<b>Тв.пер. – время связанное с переходами.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Приёмы управления станком (включение и переключение подач, пуск и остановка станка в процессе выполнения операций, переключение чисел оборотов);</li> <li>• Перемещение частей станка (подвод и отвод инструмента, установка инструмента на размер);</li> <li>• Измерения (взятие пробных стружек);</li> <li>• Смена инструмента.</li> </ul>	<p align="center"><u>Управление станком по аналогии.</u></p> <p align="center"><u>Дополнительные преимущества:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Установка инструмента на размер с использованием цифровой индикации и средств визуализации системы, отображаемые на экране монитора (масштабируемая сетка, электронный шаблон детали с допусками);</li> <li>+ При обработке по программе-наставнику сокращение перемещений, связанных с холостыми ходами;</li> <li>+ Сокращение числа вкл. и откл. станка (время на нажатие кнопки или поворота рычага и остановки шпинделя);</li> <li>+ Взятие пробных стружек выполняется только при привязке инструментов в начале обработки.</li> </ul>
<b>Тв.изм. – вспомогательное время на измерения</b>	
Промежуточные и контрольные измерения поверхностей детали после выполнения перехода с применением универсального измерительного инструмента (штангельциркуль, микрометр, калибр).	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Отсутствие промежуточных измерений за счёт привязки инструмента в начале обработки.</li> <li>+ Контрольные измерения проводятся перед чистовой обработкой с применением электронного щупа.</li> </ul>

При оснащении универсального станка ИКСУ происходит оптимизация процессов взаимодействия рабочего (оператора) со станком, которая выражается следующими изменениями переменных временных составляющих технологического процесса:

1. Сокращение времени получения задания на работу, за счёт представления информации о технологическом процессе механической обработки в электронном виде и её передаче по информационным каналам связи на станок (по локальной сети либо через flash-память).

2. Сокращение времени на ознакомление с технологической информацией, за счёт её интерактивного визуального представления, на смену изучения бумажной ТД и чертежа, а также инструктажа мастера о порядке выполнения работы («лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать»).

3. Сокращение вспомогательного времени, связанного с переходами, за счёт: сокращения числа пробных стружек (снятие пробной стружки выполняется один раз при привязке инструмента в начале обработки); упрощение установки инструмента на размер (с использованием цифровой индикации перемещений, масштабируемой сетки и электронного шаблона детали с допусками, отображаемых на мониторе ИКСУ) и сокращения числа вкл. и откл. станка (включающие время на нажатие кнопки, поворот рычага и остановки вращения шпинделя для выполнения промежуточных измерений).

4. Сокращение времени на измерения за счёт отсутствия промежуточных измерений универсальным измерительным инструментом, который заменяется предварительной привязкой заготовки и инструмента и проведения контрольных измерений с использованием электронного щупа перед выполнением чистовой обработки детали (для учёта погрешностей статической и динамической настройки станка).

Также при работе на станке с ИКСУ сокращается время на отдых и личные надобности оператора за счёт того, что из процесса исключается монотонная работа, связанная с измерением детали с применением универсальных измерительных приборов. Таким образом, величина Тшт.к. для универсального станка с РУ и станка с ИКСУ будет отличаться.

Для упрощения анализа трудоёмкости обработки типовой детали на универсальных станках с ручным управлением (РУ) и станке с ИКСУ рассмотрим пример обработки типовой детали, предварительно установив следующие допущения:

1. Деталь обрабатывается на одинаковых по технологическим характеристикам станках, изначально подготовленных к обработке типовой детали (установлены приспособления и инструменты).

2. Типовые детали получаются путём обработки одинаковых заготовок по одинаковому технологическому маршруту (операции содержат одинаковые переходы и режимы резания). Для обработки применяется одинаковые инструменты и приспособления.

Таблица 4

Схема состава штучно-калькуляционного времени обработки типовой детали

		<p><b>Деталь:</b> ступенчатый вал  <b>Материал:</b> углеродистая конструкционная сталь <math>\sigma_b=75</math> кг/мм<sup>2</sup>  <b>Заготовка:</b> прокат диаметром <math>\varnothing 100</math> мм и L = 260 мм  <b>Вес заготовки:</b> 16,2 кг  <b>Станки:</b> 16К20 и 16К20 с ИКСУ.</p>
Составляющие времени	Универсальный станок с РУ	Универсальный станок с ИКСУ
То., мин.	34,05	34,05
Тв.у., мин.	5,4	5,4
Тв.пер., мин.	9	≈7,5
Тв.изм., мин.	≈4,7	≈3
Тв., мин.	21,1	17,9
Тоб.тех., мин.	*	*
Тоб.орг., мин.	*	*
Тот.л.н., мин.	*	*
Тшт., мин.	55,15	51,95
Тп.з.1, мин.	**	**
Тп.з.2+ Тп.з.3 / Тп.з.2, мин.	8	4
Тп.з.4 / Тп.з.3, мин.	**	**
Тп.з., мин.	10	6
Тшт.к., мин.	63,15	55,95

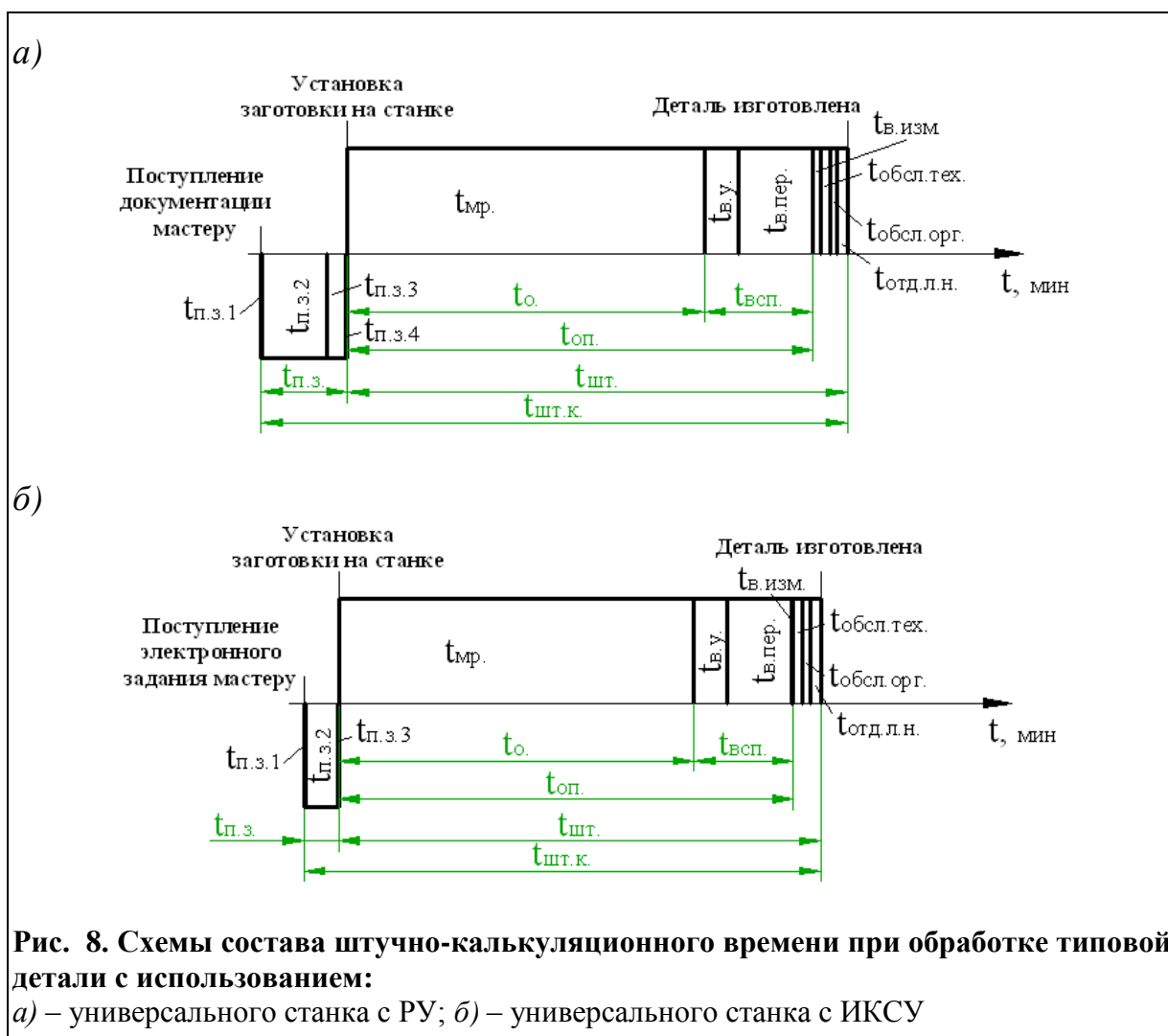
Примечание: \* - время включено в тв., \*\* - время включено в тп.з.

По приведённым в табл. 2. данным построим схемы состава штучно-калькуляционного времени обработки типовой детали, результат см. рис. 5.

**Рис. 8** Таким образом, применение станков с ИКСУ в ремонтном производстве позволяет сократить время и повысить точность изготовления запасных частей, при этом максимально задействовав имеющиеся трудовые ресурсы предприятия. Это способствует снижению себестоимости и сроков изготовления запасных частей, и позволяет увеличить их объём и номенклатуру, что и является конечной целью



применения данного устройства для повышения эффективности используемого универсального станочного оборудования в ремонтном производстве.



### Список литературы

1. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2003, - 479 с.
2. Морозов И.М., Гусев В.И., Федюшин С.А. Техническое нормирование операций механической обработки деталей. – Челябинск: ЮУрГУ, 2003, 65 с.
3. Ближевский Л.А., Коробов М.М., Сергеев А.В. Справочник по нормированию станочных работ в единичном и мелкосерийном производстве. – М: МАШГИЗ, 1955, 459 с.
4. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. – М: Экономика, 1988, 368 с.
5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика машиностроителя. Т2. – М: МАШГИЗ, 1961, 893 с.