

## Выводы.

1. Для оценки поля рассеивания ИК ПТК предложено применять оптимальные линейные несмещенные оценки размаха для равномерного закона распределения.
2. Разработан пошаговый алгоритм оценки погрешности ИК ПТК
3. Предложенный алгоритм оценки погрешности ПТК был опробован при проведении метрологической аттестации ИК ПТК.

Список литературы: 1. МИ 2002-89 ГСИ. Системы информационно-измерительные. Организация и порядок проведения метрологической аттестации. 2. ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. 3. П.В.Новицкий, И.А.Зограф Оценка погрешности результатов измерений.-2-е изд., перераб. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991.-304с. 4. Введение в теорию порядковых статистик. Под ред. А.Я. Боярского, М.: Статистика, 1970, 416 с.

*Поступила в редколлегию 10.10.07*

## УДК 621. 9.

*В. Е. КАРПУСЬ, А. В. КОТЛЯР*

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВАЛ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СТАНКОВ**

В статті представлений порівняльний аналіз інтенсивності формоутворення деталей типу вал для різних верстатів. Проведено порівняльне співвідношення режимів різання за допомогою коефіцієнту напруження режимів різання. Приводяться значення коефіцієнта циклової та нормативної інтенсивності формоутворення для різних методів і характерів обробки.

The article describes the analysis of the details type shaft forming intensity for different machine tools. The comparison of the cutting conditions with assistance the tension cutting conditions coefficient are make. The meaning of the cycle and normative coefficient forming intensity for different methods and character processing are given.

В конструкциях узлов, механизмов и агрегатов многих объектов машиностроительного производства детали типа вал (вал, палец, шток, ось) составляют значительную часть номенклатуры всех деталей. Наибольшее распространение получили валы, которые являются основными деталями для передачи вращательного движения и крутящего момента. Они представляют собой различные по форме, размерам, назначению, сложности и трудоемкости изготовления конструкции. Основными представителями среди них являются ступенчатые валы малых и средних размеров ( $d < 100\text{мм}$ ;  $L < 1000\text{мм}$ ), изготавливаемые из различных материалов. Основу конструкции таких деталей составляют наружные поверхности вращения (цилиндрические, конические, сферические), среди которых преобладают цилиндрические поверхности с различными требованиями, предъявляемыми к ним по

точности, шероховатости и взаимному расположению.

Основным оборудованием для изготовления валов являются станки токарной и шлифовальной групп, которые в зависимости от производственных условий, программы выпуска и конструктивно-технологических особенностей детали могут располагаться на отдельных участках, компоноваться в гибкие производственные модули (ГПМ), встраиваться в поточные и автоматические линии (АЛ). Различные типы металлорежущих станков существенно отличаются друг от друга, как по производительности, так и по технологическим возможностям. Это усложняет задачу выбора оптимальной структуры технологического процесса с учетом принятых критериев оптимальности, к числу которых относится, например, максимальная производительность, себестоимость изготовления единицы продукции с учетом амортизационных отчислений на оборудование и производственные площади, которые оно занимает. Необходимо учитывать возможность изготовления детали в рамках действующего производства. Следует отметить, что на сегодняшний день последний фактор может иметь решающее значение, так как возможность приобретения и внедрения нового более совершенного и производительного оборудования может быть неосуществима ввиду отсутствия средств и производственных условий, необходимых для его эксплуатации.

Наибольшее количество технологических переходов, выполняемых при изготовлении деталей типа вал, осуществляется на станках токарной группы, которая отличается существенным многообразием и обеспечивает многовариантность выбора структуры технологического процесса. В зависимости от программы выпуска и конструктивно-технологических особенностей валы могут изготавливаться на токарно-винторезных станках с ручным управлением (РУ), токарных станках с ЧПУ, многорезцовых и копировально-многорезцовых токарных полуавтоматах, а также токарно-револьверных автоматах и полуавтоматах. В качестве оборудования для обеспечения высоких требований к точности и шероховатости отдельных поверхностей деталей типа вал используются шлифовальные станки. К числу наиболее часто применяемых шлифовальных станков относятся круглошлифовальные станки с ручным управлением, круглошлифовальные с ЧПУ и бесцентрово-шлифовальные станки. Каждый тип станка характеризуют определенные технологические возможности, гибкость и производительность, которые определяют область его наиболее эффективного применения. Основными факторами, определяющими потенциальные производственные возможности станка являются: время переналадки на изготовление другого типоразмера детали; время на установку, закрепление и снятие заготовки; время на подготовку станка к пуску; время на холостые перемещения рабочих органов; время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности рабочего.

К числу факторов, от которых зависит производительность оборудования, относится возможность выполнения обработки на расчетных (нормативных) режимах резания (скорость, подача), которая обеспечивается кинематикой станка.

На рис. 1 показаны соотношения значений режимов резания, рассчитанных по нормативах[1,2,3] и принятых по паспорту станка при черновой обработке валов на различных типах токарных станков.

Оценить возможность выполнения обработки на расчетных режимах резания можно с помощью коэффициентов напряженности режимов резания, определенных по формулах:

$$K_{HV} = V/V_p ; K_{HS} = S/S_p$$

где  $V_p, S_p$  – параметры режимов резания, рассчитанные по нормативам;  $V, S$  – параметры режимов резания, принятые по паспорту станка.

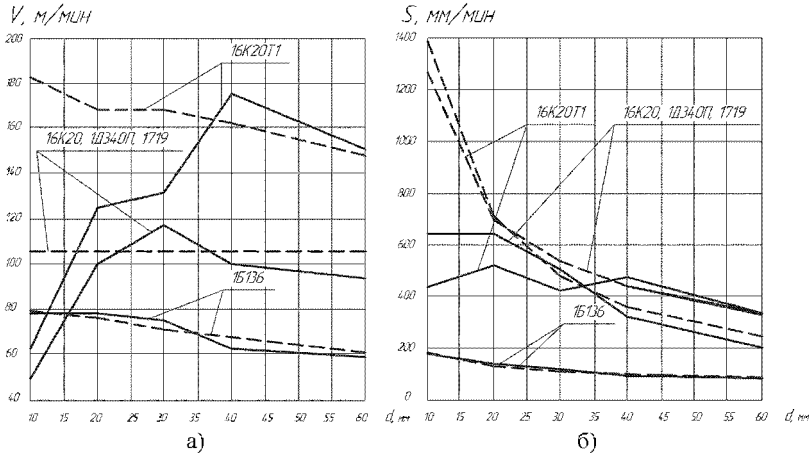


Рис. 1 – Уровни режимов резания (а – скорость резания; б – минутная подача) при черновой обработке стального вала на различных типах токарных станков: (—) – рассчитанные по нормативам; (---) – принятые по паспорту станка

На рис. 2 показаны значения коэффициента напряженности режимов резания при черновой обработке стальной детали типа вал для различных типов токарных станков.

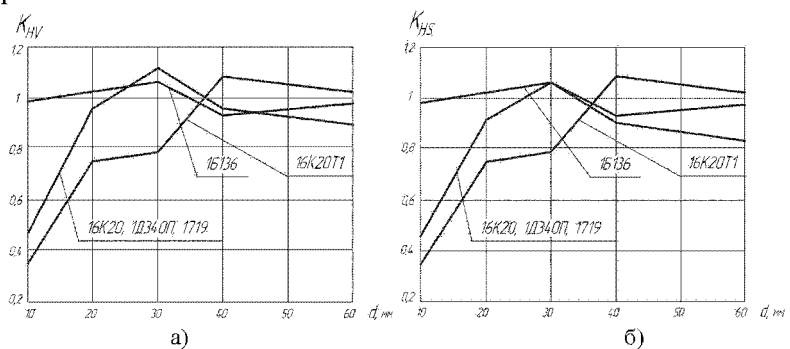


Рис. 2 – Значения коэффициента напряженности режимов резания (а – скорость резания; б – подача на оборот) при черновой обработке стального вала на различных типах токарных станков

Анализ показал, что почти все станки (кроме токарно-револьверного автомата) не обеспечивают установку расчетных режимов резания на малых диаметрах обработки из-за отсутствия высоких значений частоты вращения шпинделя и подачи на станке. Такое несоответствие увеличивается с увеличением значений расчетных режимов резания (получистовая и чистовая обработка легкообрабатываемых материалов). Этому недостатка лишен окарно-револьверный автомат, основным предназначением которого является обработка деталей из прутка небольшого диаметра.

Технический уровень металлорежущего оборудования позволяет оценить критерий "интенсивность формообразования"[6]. Интенсивность формообразования является системным показателем, соответствующим структуре технологической системы и представляющим собой фиктивную скорость рассредоточенного воздействия режущих инструментов на заготовку с учетом влияния технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов. Различают технологическую  $W_T$ , мм/мин цикловую  $W_{Ц}$ , мм/мин и нормативную  $W_H$ , мм/мин интенсивности формообразования. Технологическая интенсивность формообразования учитывает только значения режимов резания, а цикловая и нормативная определяется с учетом внутрицикловых и внецикловых потерь времени.

Наибольший практический интерес представляет нормативная интенсивность формообразования, которая учитывается при определении производительности металлорежущих станков.

При выборе оптимальной структуры технологического процесса изготовления деталей необходимо располагать количественными показателями интенсивности формообразования различных типов металлорежущих станков, применяемых для их изготовления. Имея эти данные можно оценивать возможные варианты технологических процессов на начальных этапах проектирования, в том числе и при многокритериальной оптимизации.

Для объективной оценки и сравнения интенсивности формообразования различных типов металлорежущих станков следует проводить ее анализ с учетом характера обработки (черновая или чистовая) и материала заготовки. В дальнейшем с помощью этих данных можно выявить лимитирующие переходы и операции в рамках всего технологического процесса и при необходимости изменить или заменить на другие, более производительные, с целью оптимизации и сокращения времени, затрачиваемого на обработку детали.

Для определения значений интенсивности формообразования на основании аналитических расчетов по общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания[1-5] путем аппроксимации с помощью прикладной программы MathCAD получены полиномиальные зависимости для различных типов станков, характера обработки (черновая или чистовая) и материалов (сталь, чугун, алюминий). При этом учитываются конструктивные параметры детали и обрабатываемых поверхностей, а также технологические особенности обработки и степень концентрации технологических пере-

ходов.

В общем случае эти зависимости имеют вид:

$$W = (a \cdot e^{b \cdot d} + c) \cdot (m \cdot \ln(L + f) + g) \cdot (h + k \cdot N)$$

где  $a, b, c, f, g, h, k, m$  – числовые значения, характеризующие тип станка, характер и условия обработки, материал заготовки;  $d$  – диаметр обработки, мм;  $L$  – длина обработки, мм;  $N$  – количество инструментов в наладке, шт.

Предложенные полиномиальные зависимости обеспечивают получение значений интенсивности формообразования с допустимой величиной погрешности по сравнению со значениями, полученными аналитически, которая в некоторых случаях составляет  $\pm 10\%$ , а в большинстве случаев находится в пределах  $\pm 5\%$ . Данные результаты позволяют использовать полиномиальные зависимости при укрупненных расчетах интенсивности формообразования.

На рис. 3 показаны зависимости нормативной интенсивности формообразования от диаметра и длины обработки для различных моделей токарных станков при черновой одноинструментной обработке стальных валов.

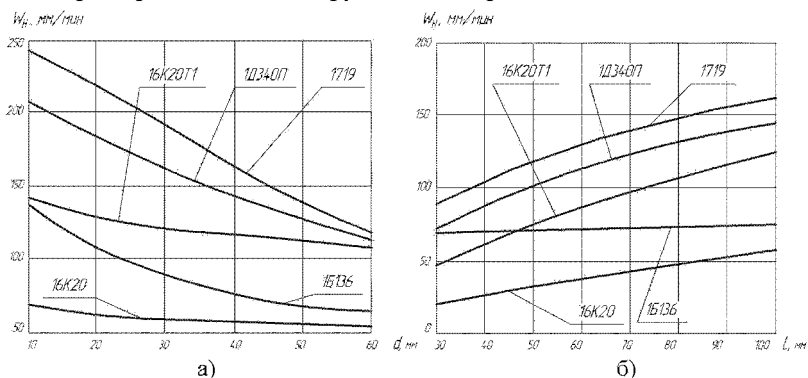


Рис. 3 – Зависимость нормативной интенсивности формообразования от диаметра (а) ( $L = 100\text{мм}$ ) и длины обработки (б) ( $d = 40\text{мм}$ ) для различных моделей токарных станков при черновой одноинструментной обработке стальных валов

Как видим, наибольшую интенсивность формообразования обеспечивает многолезцово-копировальный станок мод. 1719, основным предназначением которого является высокопроизводительная обработка деталей типа вала. Универсальный токарно-винторезный станок с ручным управлением мод. 16K20 имеет одно из наименьших значений интенсивности формообразования ввиду больших затрат вспомогательного времени. Невысокий уровень интенсивности формообразования имеет токарно-револьверный автомат мод. 1B136 из-за занижения нормативных значений режимов резания, которое обусловлено конструктивными (менее жесткие конструкции режущего и

вспомогательного инструментов и станка в целом) и технологическими (обработка деталей небольших размеров) особенностями станков данного типа.

Изменения диаметра и длины обработки влияют на величину интенсивности формообразования. При увеличении диаметра обработки интенсивность формообразования уменьшается из-за снижения величины подачи, при увеличении длины обработки – увеличивается из-за увеличения величины основного времени по отношению к вспомогательному. Характер и уровень изменения величины интенсивности формообразования в зависимости от диаметра и длины обработки зависит также от типа станка. Существенное влияние на величину интенсивности формообразования оказывает многорезцовая обработка (рис. 4).

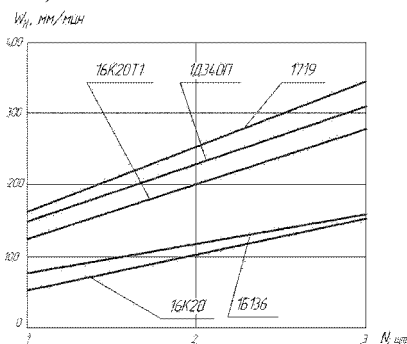


Рис. 4 – Зависимость нормативной интенсивности формообразования от количества резцов в наладке для различных моделей токарных станков при черновой обработке стального вала ( $d = 40\text{мм}$ ;  $L = 100\text{мм}$ )

Масштабное соотношение величины нормативной интенсивности токарной обработки для различных типов станков с учетом характера обработки (черновая или чистовая) и типа материала заготовки показано на диаграмме (рис. 5.)

Для сравнения интенсивности формообразования валов на различных типах шлифовальных станков, определяется объемная интенсивность формообразования в  $\text{мм}^3/\text{мин}$ . Зависимости объемной нормативной интенсивности формообразования от диаметра и длины обработки для различных моделей шлифовальных станков при черновом шлифовании стальных деталей, показаны на рис. 6. Как видим, наибольшее влияние на величину объемной интенсивности формообразования при шлифовании оказывает диаметр обрабатываемой поверхности. Уровень интенсивности формообразования зависит от модели станка и способа шлифования (с продольной или поперечной подачей). На величину интенсивности формообразования при шлифовании влияет также количество обрабатываемых поверхностей на заготовке. Это влияние наиболее существенно проявляется при обработке на бесцентровошлифовальном станке мод. 3А184 (рис. 7), который позволяет осуществлять одновременное шлифование нескольких поверхностей детали.

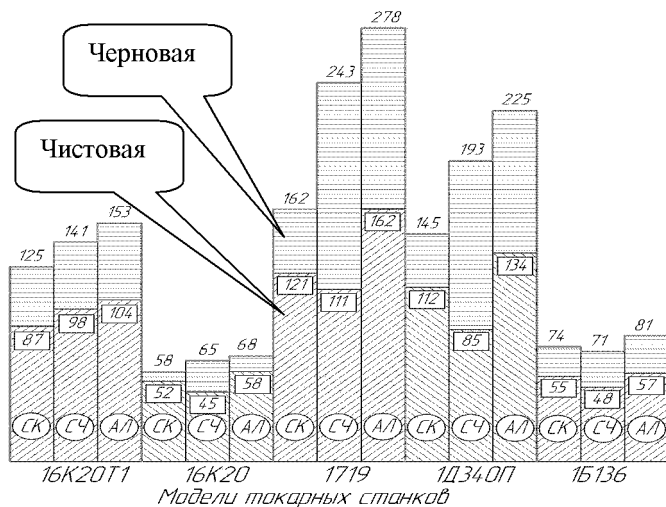


Рис. 5 – Диаграмма нормативной интенсивности ( $W_n$ , мм<sup>3</sup>/мин) токарной обработки вала ( $d = 40$ мм;  $L = 100$ мм): СК – сталь конструкционная; СЧ – серый чугун; АЛ – алюминий

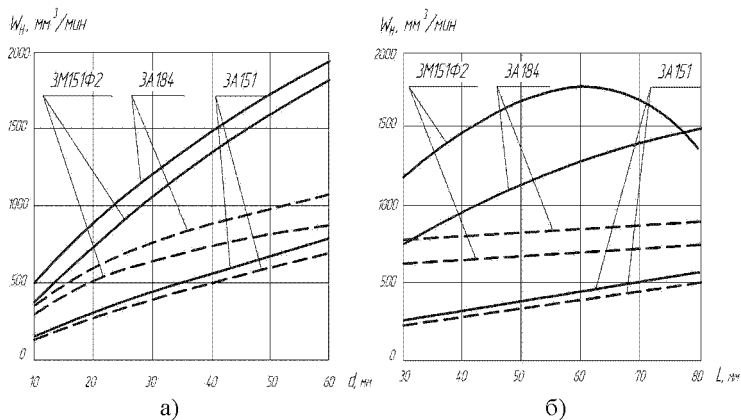


Рис. 6 – Зависимости объемной нормативной интенсивности формообразования от длины (а) ( $d = 40$ мм) и диаметра обработки (б) ( $L = 80$ мм) для различных моделей шлифовальных станков при черновом шлифовании стальных деталей:

(—) – с поперечной подачей; (---) – с продольной подачей

Сопоставить и сравнить уровни интенсивности токарной обработки (технологическая, цикловая, нормативная) различных типов станков позволяет диаграмма, представленная на рис. 8.

На производительность станка существенное влияние оказывают вели-

чины внутрицикловых и внецикловых потерь времени, которые зависят от параметров (диаметр, длина) и характера (черновая или чистовая) обработки, а также материала заготовки и типа станка. Определить и сопоставить их величины на отдельных этапах производственного цикла позволяют коэффициенты цикловой и нормативной интенсивности формообразования, определяемые по формулам:

$$K_{Ц} = W_{Ц} / W_T; \quad K_H = W_{Ц} / W_H$$

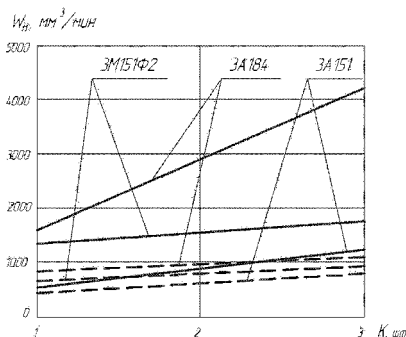


Рис. 7 – Зависимость объемной нормативной интенсивности

формообразования от количества обрабатываемых поверхностей на заготовке для различных моделей шлифовальных станков при черновой обработке стальной детали ( $d = 40\text{мм}$ ;  $L = 80\text{мм}$ )

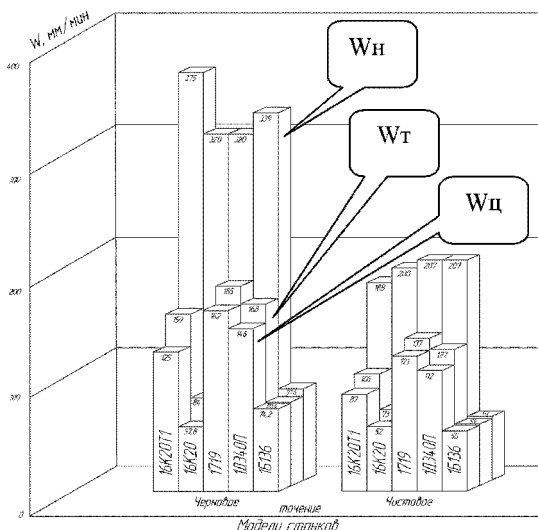


Рис. 8 – Соотношение уровней интенсивности токарной обработки для различных типов станков при обработке стального вала ( $d = 40\text{мм}$ ;  $L = 100\text{мм}$ )



На рис. 9, 10, 11 показаны зависимости коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования от диаметра и длины обработки, а также твердости обрабатываемого материала при черновом точении стального вала.

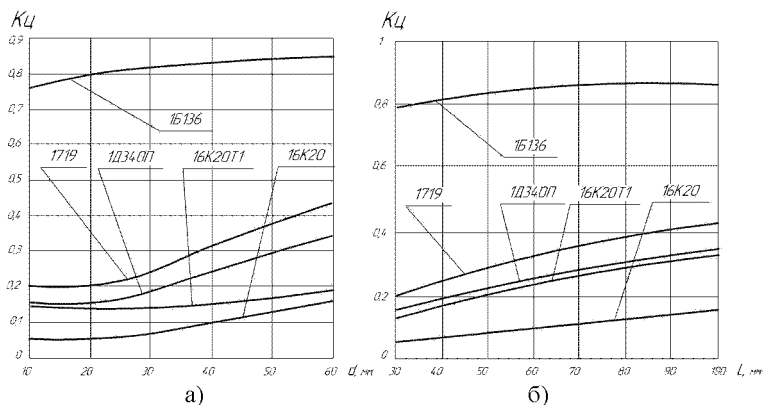


Рис. 9 – Зависимость коэффициента цикловой интенсивности формообразования от диаметра (а) и длины (б) при черновой обработке стального вала на различных типах токарных станков

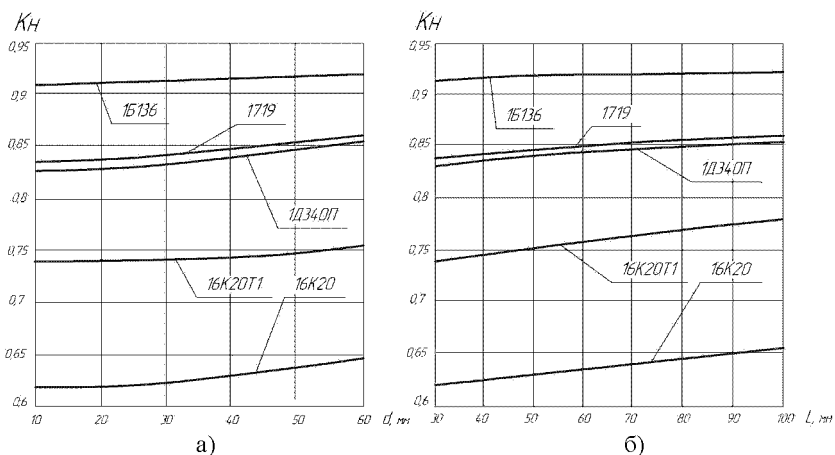


Рис. 10 – Зависимость коэффициента нормативной интенсивности формообразования от диаметра (а) и длины (б) при черновой обработке стального вала на различных типах токарных станков

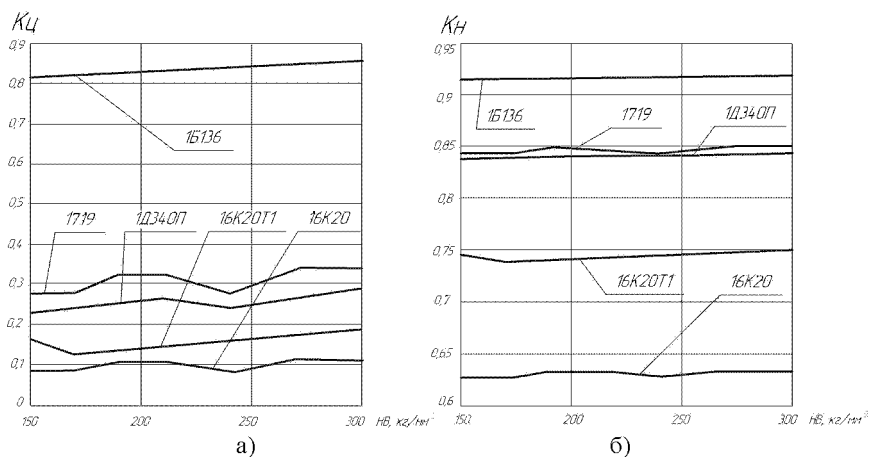


Рис. 11 – Зависимость коэффициента цикловой (а) и нормативной (б) интенсивности формообразования от твердости заготовки при черновой обработке стального вала ( $d = 40\text{мм}$ ;  $L = 100\text{мм}$ ) на различных типах токарных станков

Исходя из графических зависимостей видим, что уровень коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования и соответственно величины внутрицикловых и внецикловых потерь времени главным образом, зависит от степени автоматизации станка. С увеличением степени автоматизации станка внутрицикловые потери времени уменьшаются.

Диаметр и длина обрабатываемой поверхности также влияют на величины коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования, которые возрастают с их увеличением. Наиболее существенно они влияют на коэффициент цикловой интенсивности формообразования.

Незначительное влияние на величину коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования оказывает твердость материала обрабатываемой заготовки.

Величина коэффициента цикловой интенсивности формообразования имеет значительно меньшие значения по сравнению с коэффициентом нормативной интенсивности формообразования за счет существенного влияния вспомогательного времени. Этому влияния лишен токарно-револьверный автомат мод. 1Б136, структура рабочего цикла которого наиболее оптимальна и обеспечивает наименьшие внутрицикловые потери времени.

Наглядно оценить и сравнить уровни значений коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования при точении и шлифовании на различных типах станков позволяют диаграммы, показанные на рис. 12, 13.

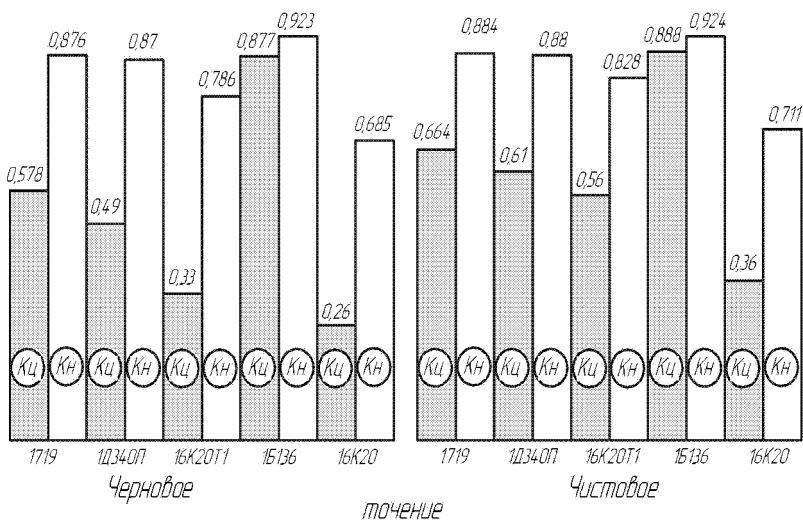


Рис. 12 – Значения коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования при обработке стального вала ( $d=40$ ;  $L=100$ мм) на различных моделях токарных станков

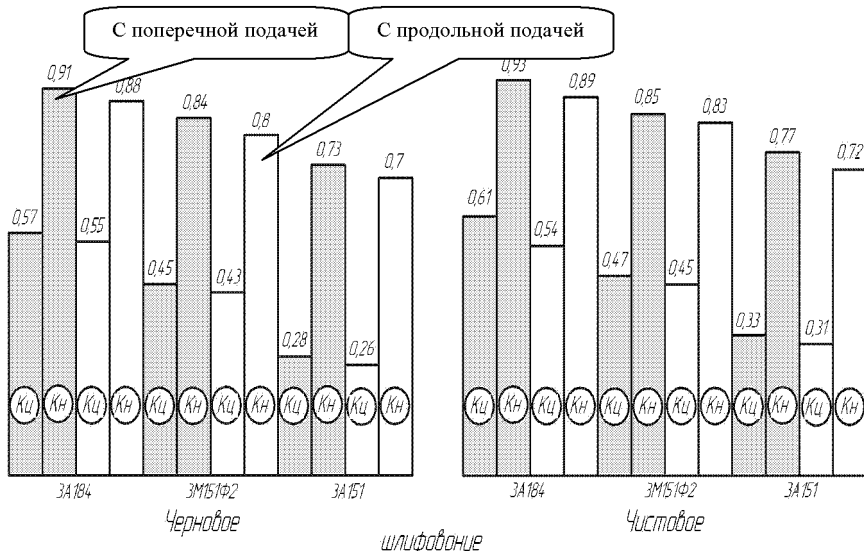


Рис. 13 – Значения коэффициентов цикловой и нормативной интенсивности формообразования при обработке стального вала ( $d=40$ ;  $L=80$ мм) на различных моделях шлифовальных станков

## Выводы:

1. Величина внутрицикловых потерь времени в большей степени зависит от параметров обрабатываемой детали (диаметр и длина) чем от характера обработки (черновая или чистовая) и твердости материала заготовки.
2. На величину внецикловых потерь времени параметры обрабатываемой детали и характер обработки оказывают меньшее влияние.
3. Основное влияние на величину потерь времени оказывает степень автоматизации станка.

Список литературы: 1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. В 2-х ч. – М.: Экономика, 1990. – 208 с. 2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы. Среднесерийное, крупносерийное и массовое производство. – М.: Экономика, 1990. – 299 с. 3. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с. 4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с. 5. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с. 6. Карпусь В.Е. Интенсивность формообразования технологических систем // Вестник машиностроения. - М., 2000.- №2.- С. 30-34.

*Поступила в редколлегию 04. 10. 07*

## УДК 621.9

*А.Н. ШЕЛКОВОЙ, О.Ю. ПРИХОДЬКО, А.Р. РУЗМЕТОВ*

### **МЕТОДИКА АДАПТАЦИИ ТИПОВОГО ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА К УСЛОВИЯМ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ**

У цій статті розглядається спосіб подання операційного технологічного процесу за допомогою нечітких семантичних мереж, які описують об'єктне наповнення й реляційні зв'язки ситуацій на робочому місці. Наведено методику внесення змін у типові структури технологічних процесів виконання допоміжних переходів на рівні мікроелементів.

In this article the way of representation of operational technological process by means of fuzzy semantic networks which describe objective structure and relational connections inside of situations on a workplace is considered. The technique of modification in typical structures of technological processes of performance of auxiliary transitions at a level of microelements is produced.

Постановка задачи. Одной из основных задач проектирования вспомогательного перехода технологического процесса является определение наиболее эффективного варианта последовательности выполнения его элементов. Процесс реализации вспомогательного перехода может быть представлен в виде последовательности элементарных составных частей (микроэлементов), а критерием выбора рационального варианта этого процесса является мини-