

**ИТЫБАЕВА ГАЛИЯ ТУЛЕУБАЕВНА**

**Повышение качества обработки цилиндрических отверстий с  
применением новой конструкции зенкера-протяжки**

05.03.01 – Технологии и оборудование механической и физико-технической  
обработки

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена при Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева и Павлодарском государственном университете имени С. Торайгырова

Научный руководитель: доктор технических наук  
Мендебаев Т.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Муслимов А. П.

кандидат технических наук  
Кулжабаев Б.Д.

Ведущая организация: Карагандинский государственный  
технический университет

Защита состоится «29» октября 2010 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д14.17.02 при Казахском национальном техническом университете им. К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, ИМС, аудитория 304

Тел. 8 (727) 257-71-83, факс: 8 (727) 292-60-25, e-mail: [www.kazntu.kz](http://www.kazntu.kz),  
раздел научная работа

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КазНТУ им. К.И.Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, ГМК.

Автореферат разослан «25» сентября 2010 года.

Ученый секретарь  
диссертационного Совета Д14.17.02  
доктор технических наук

Сазамбаева Б.Т.

## ВВЕДЕНИЕ

**Общая характеристика работы.** В обеспечении подъема экономики республики ведущую роль играет машиностроительная отрасль. С целью преобразования машиностроительного комплекса республики Казахстан в ведущий многоотраслевой сектор промышленности была принята Программа индустриально-инновационного развития до 2020 года. Приоритетными направлениями Программы были определены машиностроение, металлообработка и т.д. Проведение научных исследований по приоритетным направлениям, осуществление инновационной политики способствуют технологической перестройке машиностроения на основе передовых технологий для преобразования в технологическую базу конкурентоспособной экономики. При этом достижение эффекта одновременного повышения производительности, экономичности, точности обработки и качества поверхностей деталей является одним из главных направлений развития технологии машиностроения.

В конструкциях деталей машин одним из основных элементов являются отверстия. В зависимости от предъявляемых требований отверстия получают сверлением, зенкерованием, разворачиванием и т.д. При зенкерованием работа резания сосредоточена на сравнительно небольшой длине режущей части. Режущая часть воспринимает большие механические и тепловые нагрузки, которые приводят к повышенному износу, низкому периоду стойкости зенкера, и, как следствие, низкой точности обработки и высокой шероховатости поверхности отверстия.

Все стержневые режущие инструменты проталкиваются осевой силой через обрабатываемое отверстие, которая передаётся через расположенный сзади хвостовик. Из науки «Сопротивление материалов» известно, что защемлённый стержень при воздействии осевой силы испытывает внецентровое сжатие и изгиб оси. Внецентровое сжатие и изгиб оси приводят к возникновению дополнительных радиальных сил и разбивке диаметра обрабатываемых отверстий. Указанные явления также приводят к снижению качества обработки.

Для устранения вышеперечисленных недостатков возникла необходимость разработки нового металлорежущего инструмента для обработки отверстий – зенкера-протяжки, обеспечивающего улучшение условий резания, самоцентрирование при протаскивании инструмента через отверстие, с закреплением расположений хвостовика спереди и стабильность процесса, что влияет на повышение качества обработки отверстий, поэтому работа является актуальной.

Диссертационная работа посвящена повышению качества чистовой обработки цилиндрических отверстий путём разработки нового способа и инструмента – зенкера-протяжки с конусной режущей частью, имеющая винтовые зубья. Зенкер-протяжка представляет собой металлорежущий инструмент, который в осевом направлении имеет конструктивные признаки протяжки (передний хвостовик, шейку, переднюю цилиндрическую

направляющую, заднюю направляющую и кинематику обработки (продольное перемещение при работе), а в поперечном – признаки зенкера (количество, форма, направление винтовых зубьев) и кинематику обработки – относительное вращение заготовки и инструмента. Обработка отверстий зенкером-протяжкой способствует улучшению условий формообразования и резания.

Разработан алгоритм расчёта зенкера-протяжки; по результатам экспериментов построены графики влияния режимов резания на параметры качества, получена математическая модель процесса обработки отверстий зенкером-протяжкой, позволяющая произвести теоретический расчёт параметров системы.

**Цель работы** – повышение качества цилиндрических отверстий с применением нового способа и новой конструкции инструмента – зенкера-протяжки с обеспечением благоприятных условий резания и срезания стружки.

**Научная новизна.** В диссертационной работе впервые:

- теоретически обоснованы условия формообразования и резания поверхности отверстия при обработке новым металлорежущим инструментом зенкером-протяжкой и разработан на этой основе новый способ обработки отверстий, который не вызывает изгибающего момента и увода оси инструмента, что повышает качество обработки;

- разработана математическая модель, описывающая процесс обработки отверстий зенкером-протяжкой, позволяющая произвести теоретический расчёт параметров системы;

- разработана методика проектирования и на её базе представлена новая конструкция металлорежущего инструмента для обработки отверстий;

- получены экспериментальные результаты обработки резанием и сделаны выводы, подтверждённые экспериментами, о повышении качества обработки отверстий зенкером-протяжкой;

- на основе экспериментальных исследований установлено влияние технологических факторов (частоты вращения, подачи) на точность размера, шероховатость, отклонения формы поверхности отверстий при обработке зенкером-протяжкой.

Новизна технических разработок подтверждена двумя предварительными патентами Республики Казахстан № 20384 от 25.09.2008г, № 20206 от 25.08.2008г и одним инновационным патентом РК № 20973 от 25.12.2008 г.

**Положения, выносимые на защиту:**

- новый способ обработки цилиндрических отверстий зенкером-протяжкой, создающий лучшие условия резания и формообразования поверхности;

- разработанная конструкция зенкера-протяжки для обработки цилиндрических отверстий новым способом обработки, соединяющая признаки зенкера и протяжки;

- математическая модель, описывающая процесс обработки отверстий зенкером-протяжкой, которая позволяет произвести теоретический расчёт параметров системы;

– влияние технологических факторов (частоты вращения, подачи) на параметры качества поверхности отверстия (точность размера диаметра, отклонение формы, шероховатость, твёрдость) получены на основе экспериментальных исследований.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на:

- международных научно-практических конференциях: «Состояние и перспективы развития механики и машиностроения в Казахстане» (Алматы, 2006); «VIII Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2008), «Научная индустрия европейского континента - 2008» (Чехия, Прага, 2008); «IX Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2009); 2-ой международной научно-практической конференции (Караганда, 2010), «Актуальные достижения европейской науки – 2010» (Болгария, 2010);

- научных семинарах профессорско-преподавательского состава КазНТУ им. К.И. Сатпаева и ПГУ им. С. Торайгырова (2006-2010гг.);

- технических совещаниях ТОО «Завод нестандартизированного оборудования» (Павлодар, 2009-2010).

**Практическая ценность работы:**

- на основе проведённых исследований разработан новый способ обработки цилиндрических отверстий (инновационный патент РК № 20973 от 25.12.2008), обеспечивающий повышение качества обработки и улучшение условий резания;

- разработан новый металлорежущий инструмент зенкер-протяжка из быстрорежущей стали для обработки цилиндрических отверстий (предварительный патент РК № 20384 от 25.09.2008);

- разработан новый металлорежущий инструмент зенкер-протяжка с пластинками твёрдого сплава для обработки цилиндрических отверстий (предварительный патент РК № 20206 от 25.08.2008).

- результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены на предприятии ТОО «Спектр и К» и в учебный процесс ПГУ им. С.Торайгырова при подготовке бакалавров по специальностям 050712–Машиностроение, 050732 – Стандартизация, сертификация и метрология.

Работа выполнена в рамках гранта по программе "Жас ғалым", Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова в 2009-2010 учебном году № С1 "Определение и назначение режимов резания для обработки отверстий новыми режущими инструментами " (приказ № 1-02-07/683 от 23.11.2009г.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 14 работ, в том числе два предварительных и один инновационный патент, три статьи в научных журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов и выводов, заключения, изложенных на 137 страницах текста, содержит 92 рисунка, 12 таблиц, списка использованных источников из 126 наименований и приложения.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность кандидату технических наук, профессору кафедры «Машиностроения и стандартизации» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова **Дудаку Николаю Степановичу** за квалифицированные консультации при выполнении диссертационной работы.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во введении приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность работы, сформулированы цель, научная новизна, положения, выносимые на защиту, апробация практических результатов и практическая ценность работы, структура и объём диссертации.

**В первом разделе** рассмотрены основные виды, типы зенкеров и протяжек, приведён сравнительный анализ достижения точности обработки этими режущими инструментами.

Из обзора и анализа литературных источников, теоретических и экспериментальных исследований были установлены следующие недостатки:

- при зенкеровании: разбивка отверстия составляет  $1/3$  допуска на отверстие; работа резания распределена на короткой режущей части, имеет место повышенный износ и уменьшение стойкости; проталкивание инструмента через отверстие вызывает изгиб оси и погрешность в виде разбивки и увода оси инструмента; высокая температура в зоне резания, деформация и ограничение точности зенкерованных отверстий; сравнительно высокая шероховатость;

- при протягивании круглой протяжкой: высокая стоимость изготовления инструмента; при переточке по передней поверхности уменьшается ширина зуба и уменьшаются диаметральные размеры; непостоянство усилия протягивания из-за переменного числа участвующих в работе зубьев, возникновение осевых колебаний и возрастание шероховатости; невозможность обеспечения постоянства ширины зуба при износе по задней поверхности и заточке по передней поверхности; сложность обеспечения постоянства ширины зубьев и подачи на зуб после переточки;

- при протягивании винтовой протяжкой: трудоёмкость изготовления винтовой протяжки выше, чем изготовление протяжки с круглыми зубьями; более сложная заточка винтовых зубьев, однако число винтовых зубьев значительно меньше числа круглых зубьев.

На основании выполненного анализа сформулирована цель работы и основные задачи исследования: провести теоретические исследования обработки цилиндрических отверстий зенкером-протяжкой; разработать конструкцию зенкера-протяжки для цилиндрических отверстий с целью повышения качества обработки; экспериментально исследовать новый способ и качество обработки отверстий новым металлорежущим инструментом зенкером-протяжкой; провести сравнительный анализ точности обработки получаемых отверстий цилиндрическим зенкером и новым инструментом –

зенкером-протяжкой; на основе экспериментальных исследований определить влияние технологических факторов на параметры качества поверхности.

**Во втором разделе** выполнены теоретические исследования, в результате которых был предложен новый способ обработки цилиндрических отверстий и модель процесса обработки, разработана конструкция нового инструмента – зенкера-протяжки.

Способ обработки цилиндрических отверстий зенкером-протяжкой основан на использовании фундаментального положения науки «Сопротивление материалов» о изгибе при внецентровом сжатии и изгибе стержня при проталкивании инструмента через отверстие, поэтому хвостовик зенкера-протяжки расположен спереди для протаскивания инструмента через отверстие, при котором не возникают дополнительные радиальные силы и изгибающий момент, изгиб оси (угол  $\xi$ ) как при обработке стандартным зенкером (рисунок 1). Таким образом, при обработке зенкером-протяжкой не возникают силы, изгибающие его ось и ухудшающие качество обработки из-за разбивки отверстия и увода оси зенкера-протяжки.

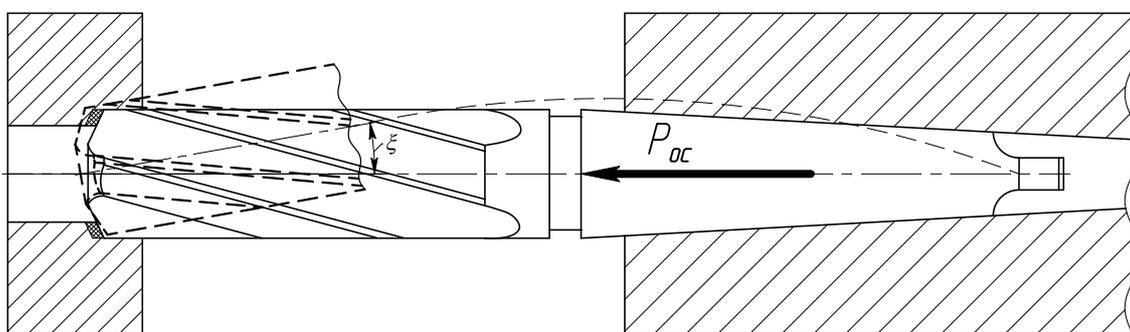


Рисунок 1 – Схема приложения осевой силы и изгиба оси у стандартного зенкера

При новом способе обработки отверстий зенкером-протяжкой на токарном станке изменена традиционная схема обработки, а именно совмещено в одном процессе зенкерование и протягивание.

На способ обработки и зенкер-протяжку получен инновационный патент Республики Казахстан №20973 от 25.12.2008г. Направление зубьев зенкера-протяжки, так же как и зенкера, всегда совпадает с направлением резания и меняется в зависимости от направления вращения заготовки или инструмента при обработке.

На рисунке 2а показана схема обработки детали типа втулки зенкером-протяжкой при закреплении заготовки в патроне токарного станка, а зенкера-протяжки – чекой-клином на суппорте станка. Сочетание прямого (правого) вращательного движения заготовки и поступательного движения зенкера-протяжки создаёт условия работы и относительное движение зенкера-протяжки и заготовки, как при зенкеровании отверстий и обеспечивает одноимённость направления зубьев.

На рисунке 2б показан способ закрепления заготовки на суппорте токарного станка, а зенкера-протяжки – в патроне токарного станка, при этом направление зубьев зенкера-протяжки сменилось на противоположное по сравнению с рисунком 2а.

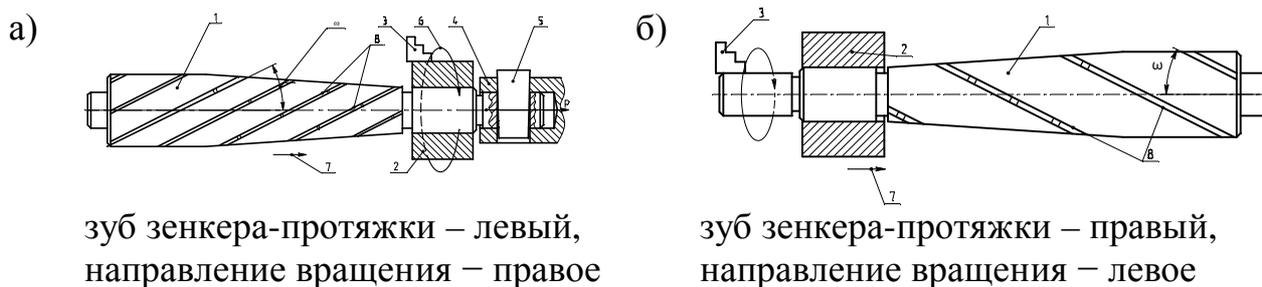


Рисунок 2 – Способ обработки отверстий зенкером-протяжкой

При обработке по предлагаемому новому способу инструменту сообщается продольное перемещение или продольное перемещение сообщается заготовке, что соответствует процессу протягивания. Вращательное движение, присущее зенкеру, сообщается или зенкеру-протяжке или заготовке, что соответствует зенкерению. Сочетание вращательного и поступательного движений таково, что инструмент всегда надвигается на заготовку «набегающим» по винтовой нарезке зубом со стороны тупого угла между режущими кромками зубьев и осью зенкера-протяжки и для инструмента создаются условия работы зенкера и протяжки. Направление винтовых зубьев одноимённо с направлением резания; форма поперечного сечения стружечной канавки (зубьев) совпадает с формой стружечных канавок зенкеров; количество зубьев – в соответствии с требованиями стандарта.

Для реализации способа обработки разработана конструкция зенкера-протяжки из быстрорежущей стали и твёрдосплавными пластинками, которая включает в себе параметры зенкера и протяжки: в продольном сечении – признаки протяжки, в поперечном сечении – признаки зенкера. Такое сочетание признаков создаёт более благоприятные условия резания.

Зенкер-протяжка состоит из (рисунок 3): переднего хвостовика, на хвостовике цилиндрическое углубление для чеки-штифта; шейки в виде кольцевой канавки; передней цилиндрической направляющей; режущей и калибрующей частей, но изменённые по длине, как у винтовой протяжки (увеличение диаметра зубьев конической режущей части обеспечивает радиальную подачу); зубья на режущей и калибрующей частях винтовые. Величина заднего угла принята равной  $4...7^\circ$ . Увеличение заднего угла у зенкера-протяжки от  $4$  до  $7^\circ$  по сравнению с величиной заднего нормативного угла для внутренних протяжек с  $2...3^\circ$  (неблагоприятных для условий резания), способствует снижению шероховатости и уменьшению износа протяжки по задней поверхности. При основном исполнении профиля равноширокого зуба или стружечной канавки (рисунок 2а) зенкер-протяжка при эксплуатации перетачивается по задней поверхности, что повышает качество заточки и

возвращает инструменту качество нового инструмента по состоянию задней поверхности. В отличие от зенкера и протяжки зенкер-протяжка перетачивается по задней поверхности без потери установленного размера диаметра, за счёт предусмотренного удлинения калибрующей части, которая постепенно укорачивается при переточках за счёт сдвига конуса режущей части к хвостовику.

У зенкера-протяжки с винтовыми зубьями подъём на зуб (или конструктивная подача) за счёт конусности режущей части сохраняется постоянным, что обеспечивает стабильность процесса резания. Срезание стружки, после входа зенкера-протяжки в отверстие на всю глубину заготовки, осуществляется сразу по всей длине заготовки, а сила резания до завершения работы режущей части остаётся постоянной и плавно уменьшается по мере вступления в работу калибрующей части. При этом уменьшается толщина среза, работа резания распределена на большей длине режущих кромок, уменьшается удельная деформация и температура в зоне резания, что способствует повышению стойкости и улучшению качества обработки.

У зенкера-протяжки режущая часть значительно более длинная (63мм, 91мм, 138 мм для диаметров О13,8; О19,8; О29,8 соответственно), чем у зенкера (в пределах 10-15мм). Работа резания у зенкера-протяжки распределена по постоянно меняющимся участкам более длинной режущей части с винтовыми зубьями и установлена скорость резания, глубина резания (в данном случае совпадающей с величиной подачи на зуб в осевой плоскости), как при протягивании. При обработке зенкером-протяжкой точность обработки и другие параметры качества улучшаются (точность размера, формы, уменьшение шероховатости). Калибрующая часть образована винтовыми зубьями на цилиндрической части зенкера-протяжки. Задняя направляющая образована наружными поверхностями выступов, полученных при фрезеровании стружечных канавок; цилиндрическими участками продолжения винтовых зубьев; вместо заднего хвостовика, для удобства обращения с инструментом, выполнен цилиндр – цапфа на заднем торце.

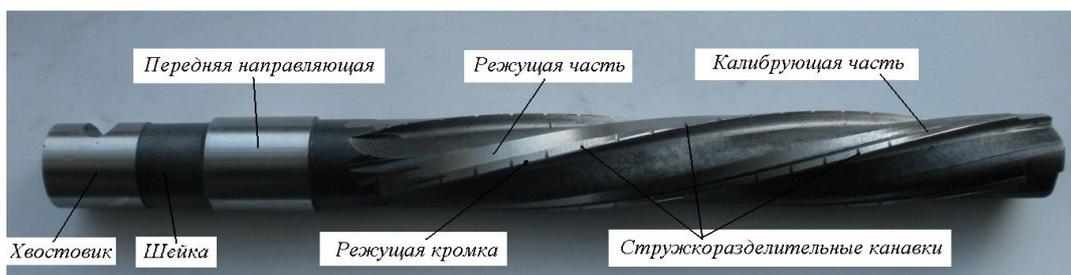


Рисунок 3 – Конструкция зенкера-протяжки

На рисунке 4а – показано поперечное сечение и форма зубьев зенкера-протяжки с предпочтительной формой равноширокого зуба в поперечном сечении:  $\gamma$  – передний угол;  $\alpha$  – задний угол;  $\eta$  – угол на спинке зуба ( $\eta=\gamma$ ) для образования равноширокого зуба и возможности переточки по задней

поверхности; М-Ж – размер задней поверхности; Ж-К – линия, параллельная передней поверхности; Ж-К, К-Р, Р-О, О-С, С-Т – линии, очерчивающие профиль стружечной канавки; М-Ж, Ж-К, СТ – прямые, образующие передние поверхности соседних зубьев;  $R_1 R_2 R_3$  – радиусы кривых на участках К-Р, Р-О, О-С; 1 – передняя поверхность; 2 – задняя поверхность;

На рисунке 4б показана форма направляющих выступов на направляющей части и профиль канавки между направляющими выступами с участками: М-И (прямая, где  $\gamma=0$ ); Ж-К – прямая; К-Р, Р-О, О-С – кривые, описанные радиусами  $R_1 R_2 R_3$ ; СТ – радиальная прямая;  $b_n$  – ширина направляющего выступа на направляющей части  $b_n=b$ .

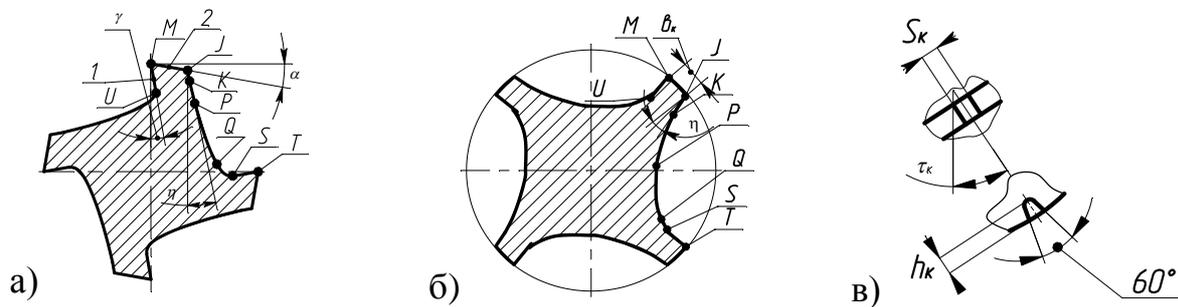
На рисунке 4в показана (стружкоразделительная канавка):  $60^\circ$  – угол профиля стружкоделительной канавки,  $\tau_k$  – угол наклона стружкоразделительной канавки которая определяется

$$tg\tau_k = S_{oc} / \pi d_{pi}$$

где  $S_{oc}$  – осевая подача на один оборот при работе зенкера-протяжки;

$d_{pi}$  – текущий (средний) диаметр на режущей части;

$i$  – номер выбранного сечения.



а – режущих, б – направляющих, в – стружкоразделительных канавок.

Рисунок 4 – Профиль поперечного сечения зенкера-протяжки

Выполнено теоретическое исследование обработки цилиндрических отверстий новым инструментом зенкером-протяжкой. В результате получено дифференциальное уравнение обработки зенкером-протяжкой, которое имеет вид

$$m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \mu \frac{\partial x}{\partial t} + cx = F - P_{oc}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса подвижной части системы «деталь–зенкер-протяжка»;

$\mu$  – коэффициент вязкого трения, зависящий от СОЖ;

$c$  – коэффициент упругости материала;

$P_{oc}$  – дополнительная осевая сила;

$F$  – усилие подачи.

Введены следующие обозначения  $T_k = \sqrt{\frac{m}{c}}$ ;  $T_g = \frac{\mu}{c}$ ;  $K = \frac{1}{c}$ , тогда

$$T_k^2 \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + T_g \frac{\partial x}{\partial t} + x = K \cdot (F - P_{oc}) \quad (2)$$

Для нахождения переходного процесса для случая, когда  $T_g \geq 2T_k$ , составляем характеристическое уравнение

$$T_k^2 p^2 + T_g p + 1 = 0$$

$$P_{1,2} = \frac{-T_g \pm \sqrt{T_g^2 - 4T_k^2}}{2T_k^2}$$

Решение общего интеграла будет представлено в виде

$$x_n = c_1 e^{-P_1 t} + c_2 e^{-P_2 t}$$

установившееся значение  $x_y = K(F - P_{oc})$ , т.к.  $\frac{\partial x}{\partial t} = 0$ ,  $\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = 0$

Полное решение дифференциального уравнения имеет вид

$$x = x_n + x_y = C_1 e^{-P_1 t} + C_2 e^{-P_2 t} + K(F - P_{oc})$$

Постоянные интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  определяются обычным способом из начальных условий при  $t = 0$ ;  $x = 0$ ;  $\frac{\partial x}{\partial t} = 0$

Характер переходных процессов и их длительность зависит от значений  $T_k$ ,  $T_g$ , куда входят параметры системы.

По сравнению с зенкерованием традиционным стандартным зенкером  $T_k$ ,  $T_g$  обработка зенкером-протяжкой более стабильна, т.к. самоцентрируется в отверстии при «протаскивании» через отверстие, что следует из анализа решения уравнения, т.е. система устойчивая.

Разработанные математические модели позволяют произвести теоретический расчёт параметров системы, т.е. решаются вопросы конструирования и технологии обработки.

**В третьем разделе** представлена методика проведения экспериментальных исследований и измерения параметров качества обрабатываемых отверстий.

Проведение экспериментов связано с определением необходимого, но достаточного количества опытов. Для решения этой задачи применён метод полнофакторного эксперимента типа  $2^2$ . Матрица реализации экспериментов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Код	Интервалы варьирования									Номер опыта	Порядок реализации	Факторы							
		О13,8мм			О19,8мм			О29,8мм					X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>				
		длина детали			длина детали			длина детали												
		15	20	25	20	25	30	20	25	30										
Частота вращения шпинделя, n об/мин	X <sub>1</sub>	$n_{max} = 224 \text{ об/мин}$			$n_{max} = 280 \text{ об/мин}$			$n_{max} = 180 \text{ об/мин}$			1	5	9	6	4	5	+1	+1	+1	+1
		$n_{min} = 112 \text{ об/мин}$			$n_{min} = 140 \text{ об/мин}$			$n_{min} = 90 \text{ об/мин}$			2	6	10	2	9	3	+1	-1	+1	-1
		$\varepsilon_n = 56$			$\varepsilon_n = 70$			$\varepsilon_n = 45$												
Подача S, мм/об	X <sub>2</sub>	$s_{max} = 0.3 \text{ мм/об}$			$s_{max} = 0.3 \text{ мм/об}$			$s_{max} = 0.3 \text{ мм/об}$			3	7	11	1	12	8	+1	+1	-1	-1
		$s_{min} = 0,08 \text{ мм/об}$			$s_{min} = 0,08 \text{ мм/об}$			$s_{min} = 0,08 \text{ мм/об}$			4	8	12	7	10	11	+1	-1	-1	+1
		$\varepsilon_s = 0.11$			$\varepsilon_s = 0.11$			$\varepsilon_s = 0.11$												

Порядок проведения опытов выбран таким образом, чтобы имелась возможность оценить случайную ошибку эксперимента и избежать влияния возможных систематических ошибок. Выявление случайно мешающих факторов, действие которых может иметь систематический характер, позволил принцип рандомизации, который применяется при реализации матрицы планирования эксперимента.

Для оценки воспроизводимости эксперимента использован критерий Кохрена G. Эксперимент воспроизводимый, так как  $G_{\max} = 0.537 < G_{\text{табл}} = 0.7679$ .

Оценку адекватности полученных уравнений регрессии проводили при помощи критерия Фишера ( $F = 1.441 < F_T = 5.32$ ). Путём преобразования уравнения регрессии выведены эмпирические зависимости

- отклонения размера (диаметра)

$$\delta = 19,793 + 0,000186n - 0,0455S$$

- шероховатости поверхности

$$R_a = 0.1487 + 0.0004n - 0.109S$$

- глубины дефектного слоя

$$h = 1.15 + 0.032n - 11.364S$$

- твёрдости

$$HB = 126.3 + 0.099n - 60S$$

**В четвертом разделе** приведены результаты экспериментальных исследований влияния конструктивных параметров зенкера-протяжки и режимов обработки на качество обработки отверстий.

На основе полученных данных были построены графики зависимостей точности диаметральных размеров обрабатываемых отверстий от частоты вращения.

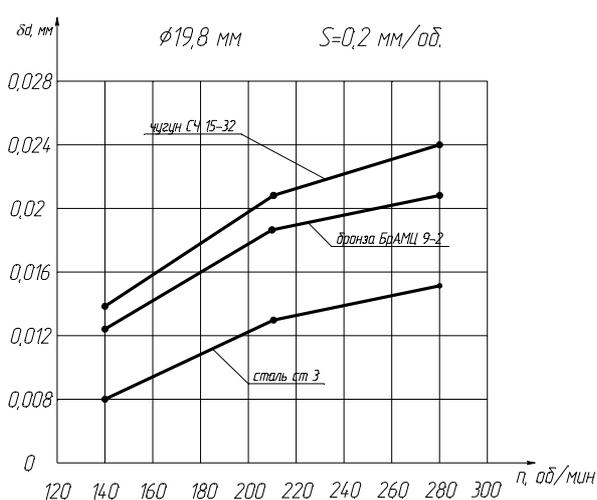


Рисунок 5 – Зависимость точности диаметральных размеров от частоты вращения при обработке отверстия  $\phi 19,8$  мм

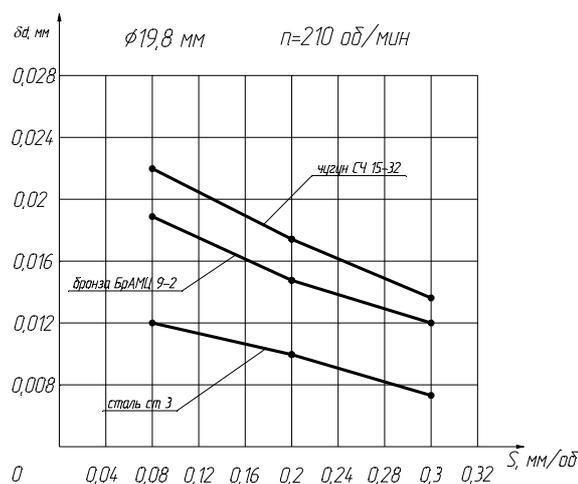


Рисунок 6 – Зависимость точности диаметральных размеров от подачи при обработке отверстия  $\phi 19,8$  мм

Как видно из графиков, отклонение диаметральных размеров увеличивается с увеличением частоты вращения и уменьшается с увеличением подачи. Это объясняется тем, что процесс обработки отверстий зенкером-протяжкой приближен к процессу протягивания.

Исследованы влияние режимов резания на шероховатость, твёрдость, глубину дефектного слоя поверхности отверстий, получены соответствующие уравнения регрессии и построены графики зависимостей, а также исследована микроструктура поверхности обработанного отверстия.

При обработке результатов экспериментов выявлено, что при обработке новым режущим инструментом улучшены параметры качества обработанной поверхности заготовок и уменьшены разбивка отверстия из-за действия возникновения центрирующих сил. Это объясняется облегчёнными условиями резания по сравнению со стандартным цилиндрическим зенкером. За счёт конусной режущей части зенкера-протяжки обеспечивается постоянство усилия протягивания, обеспечиваемого непрерывностью процесса резания, уменьшения общей длины одновременно работающих режущих кромок зубьев и, как следствие, увеличение стойкости инструмента в 2...3 раза по сравнению со стандартным зенкером. Полученные уравнения регрессии достоверно характеризуют влияние технологических факторов на качество поверхности отверстий, что подтверждается представленными графиками.

Анализ результатов показывает, что точность диаметральных размеров отверстий после обработки зенкером-протяжкой увеличилась на 1, 2 квалитета по сравнению с цилиндрическим зенкером; шероховатость уменьшилась до  $Ra=0,16...0,32$  мкм.

Представлены результаты производственных испытаний опытных образцов зенкера-протяжки при обработке деталей типа «Втулка» на ТОО «Завод нестандартизированного оборудования».

По результатам производственных испытаний было получено заключение, что зенкер-протяжка приемлем для обработки цилиндрических отверстий, т.к. позволил обеспечить шероховатость поверхности отверстий в пределах  $Ra=0,16...0,32$  мкм, точность обработки отверстий в пределах 7...8 квалитета точности.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены на предприятии ТОО «Спектр и К» и в учебный процесс ПГУ им. С.Торайгырова при подготовке бакалавров по специальностям 050712–Машиностроение, 050732 – Стандартизация, сертификация и метрология.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные результаты и выводы по работе**

1. Анализ существующих методов и способов обработки отверстий зенкерами и протяжками выявил, что при зенкерованием создаётся изгибающий момент, повышенная деформация, разбивка отверстий; так при протягивании протяжками с круглыми зубьями силы резания являются переменными по

величине; переточка протяжек осуществляется по передней поверхности, что уменьшает стойкость и общий ресурс инструмента.

2 Для создания более благоприятных условий резания и более рационального срезания стружки и уменьшения износа режущего инструмента разработан новый способ обработки цилиндрических отверстий зенкером-протяжкой. Способ реализуется с помощью установки заготовки или зенкера-протяжки в патроне или на суппорте токарно-винторезного станка и сочетания вращательного движения зенкера-протяжки и поступательного движения заготовки или вращательного движения заготовки и поступательного – зенкера-протяжки. Применение нового способа обработки исключает приобретение дорогостоящих протяжных станков (инновационный патент Республики Казахстан № 20973 от 25.12.2008г.).

3 Применение нового металлорежущего инструмента зенкера-протяжки улучшило условия резания благодаря исключению вершины режущего зуба на периферии и применению резания по всей длине режущей кромки, находящейся в контакте с обрабатываемым отверстием.

4 Для реализации нового способа обработки была разработана конструкция зенкера-протяжки для обработки цилиндрических отверстий (предварительные патенты Республики Казахстан № 20384 от 25.09.2008г, № 20206 от 25.08.2008г). Сочетание в одном инструменте конструктивных параметров протяжки (в осевом сечении) и зенкера (в поперечном сечении) позволило создать облегчённые условия резания и повысить качество обработки.

5 Разработана математическая модель, описывающая процесс обработки зенкером-протяжкой, позволяющая произвести теоретический расчёт параметров системы и уравнения регрессии точности диаметральных размеров, шероховатости поверхности, глубины дефектного слоя, твёрдости от частоты вращения и подачи. Достоверность модели проверена по критерию Кохрена G и адекватность по критерию Фишера.

6 На предприятии ТОО «Format Mach Company» изготовлены опытные образцы зенкера-протяжки трёх типоразмеров диаметрами 13,8 мм, 19,8 мм, 29,8 мм и выполнены производственные испытания на ТОО «Завод нестандартизированного оборудования», что подтверждается актами внедрения.

7 На основе экспериментальных исследований проведена оценка влияния технологических факторов (частоты вращения, подачи) на точность размера, шероховатость, отклонения формы поверхности отверстий при обработке стандартным цилиндрическим зенкером и зенкером-протяжкой.

**Оценка полноты решений поставленных задач.** В результате проведенных исследований разработаны предложения по изменению условия формообразования и резания. Разработанный способ обработки и конструкция нового инструмента зенкера-протяжки позволили после обработки получить следующие результаты:

- а) стандартными цилиндрическими зенкерами:
  - точность диаметральных размеров отверстий – 0,027- 0,13 мм;
  - шероховатость поверхности отверстий –  $R_a$ 1,25....2,5 мкм.

б) зенкером-протяжкой:

- точность диаметральных размеров отверстий – 0,018-0,033 мм;

- шероховатость поверхности отверстий –  $R_a=0,16\dots0,32$  мкм.

Таким образом, поставленные задачи выполнены полностью.

**Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.** Металлорежущий инструмент зенкер-протяжка рекомендуется применять для обработки цилиндрических отверстий диаметром свыше 40 мм, из материалов, подвергаемых наклёпу, длиной до двух диаметров, по 7 – 8 квалитету точности с шероховатостью поверхности  $R_a0,16\dots0,32$  мкм с увеличенным припуском до 0,8 – 1,0 мм, вместо цилиндрических зенкеров.

**Оценка технико-экономической уровня выполненной работы в сравнении с лучшими результатами в данной области.** Способ обработки цилиндрических отверстий зенкером-протяжкой и конструкция металлорежущих инструментов из быстрорежущей стали и оснащённых с пластинками твёрдого сплава является новым, подтверждены предварительными и инновационными патентами Республики Казахстан. Преимущество нового инструмента: обеспечение точности обработки цилиндрических отверстий по 7 – 8 квалитету точности с шероховатостью поверхности  $R_a0,16\dots0,32$  мкм, экономический эффект от применения составляет 740300 тенге. Зенкер-протяжка может применяться в условиях мелкосерийного и единичного производства при отсутствии протяжного станка, он предназначен для работы на токарном станке.

**Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области.** Впервые теоретический обоснован и предложен способ обработки отверстий специальным инструментом зенкером-протяжкой, в котором объединение в одном инструменте конструктивных признаков и кинематики движения зенкера и протяжки, что позволило повысить эффективность обработки отверстий по сравнению с протягиванием и зенкерованием, которое привело к улучшению условий формообразования и резания, качества обработки.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

По материалам диссертационной работы опубликованы 14 научных работ, в основном отражающих содержание диссертации.

1 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С. и др. Новые режущие инструменты для работы на токарных, сверлильных и протяжных станках //Труды второй международной научно – практической конференции.– Алматы, 2006. – Том 1. – С. 297– 298.

2 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С. и др. Обработка отверстий зенкерами //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2008. – Том 12. – С. 347–354

3 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С. и др. Обработка отверстий комбинированным инструментом //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2008. – Том 20. – С. 108–115

4 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С. Расчёт и конструирование зенкера-протяжки // Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2008. – Том 20.– С. 96–102.

5 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С. К вопросу динамики обработки отверстий. Materialy IV mezinarodni vědecko – praktika conference «Vědecky prumysl evropskeho kontinentu – 2008». Dil 14. Nechniké vědy: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o/ – 67 – 71 stran.

6 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С., Сапронов Е.В. Конструктивные элементы зенкера-протяжки для обработки цилиндрических отверстий //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «IX Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2009. – Том 14. – С. 299–303.

7 Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С. и др. Экспериментальные исследования обработки отверстий //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «IX Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2009. – Том 4. – С. 16–20.

8 Итыбаева Г.Т. Обработка отверстий зенкером-протяжкой //Республиканский журнал Карагандинского государственного технического университета. Труды университета №1(38) – Караганды, 2010. – С. 28 – 30.

9 Предварительный патент Республики Казахстан № 20384 на изобретение. Зенкер-протяжка для обработки цилиндрических отверстий /Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С.; опубл. 25.09.2008, Бюл. № 12. – 14с: ил.

10 Предварительный патент Республики Казахстан № 20206 на изобретение. Зенкер-протяжка с пластинками твердого сплава для обработки цилиндрических отверстий. /Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С.и др.; опубл. 25.08.2008, Бюл. № 11. – 14с: ил.

11 Инновационный патент Республики Казахстан № 20973.на изобретение. Способ обработки цилиндрических отверстий и зенкер-протяжка для его осуществления. /Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С.; опубл. 25.12.2008, Бюл. № 3.– 14с: ил.

12 Итыбаева Г.Т. Исследование обработки отверстий зенкером-протяжкой //II Международная научно-практическая конференция «Актуальные достижения европейской науки – 2010». Болгария – София, 2010.– С.57–61.

13 Итыбаева Г.Т. Зенкер-протяжка для обработки цилиндрических отверстий //Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Вестник ПГУ № 2. – Павлодар, 2010. – С. 30 – 42.

14 Итыбаева Г.Т., Мендебаев Т.М., Дудак Н.С. Усовершенствование конструкции зенкера-протяжки для обработки цилиндрических отверстий //Научный журнал Казахского национального технического университета. Вестник КазНТУ, № 4 – Алматы, 2010. – С. 107 – 114

## ИТЫБАЕВА ҒАЛИЯ ТӨЛЕУБАЙҚЫЗЫ

### Үңгі-тартажоңғыш жаңа конструкциясын қолданып цилиндрлік тесіктердің өңдеу сапасын арттыру

05.03.01 – Механикалық және физико-техникалық өңдеу құрал-жабдықтары мен технологиясы мамандығы бойынша техника ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін қорғалатын диссертацияның авторефераты

#### ТҮЙІНДЕМЕ

**Зерттеу нысаны** – цилиндрлік тесіктерді өңдеуге арналған жаңа тәсіл, металл кескіш үңгі-тартажоңғыш құрал және өңдеу дәлдігі.

**Жұмыстың мақсаты** – жаңа тәсілді қолданып цилиндрлік тесіктердің сапасын арттыру және жаңа үңгі- тартажоңғыштың құрылысын жасау мен кесу ұнамды шарттарын және жоңқа кесуін қамтамасыз ету жұмыстың мақсаты болып табылады.

**Зерттеу әдісі** – жұмыста теориялық және эксперименталді зерттеу әдістері тіркеседі. Теориялық зерттеулер кесу теориясының негізгі ережелері қолданып өткізілді: жұмыс саздылығын жақсарту, жоңқаны бұру және винтті тістері бар конструкциялы аспаптарды қолдану кезінде тұрақтылықты жоғарлату, сонымен қатар математикалық анализ және машина жасау технологиясы.

**Ғылыми жаңалық.** Диссертациялық жұмыста алғашқы рет:

- үңгі-тартажоңғыш жаңа металкескіш аспабымен тесікті өңдеу және пішінді қалыптастыру шарттары теориялы негізделген. Кесіп өңдеуде аспап осінің кетпеуі мен майысуын болдырмайтын жаңа әдіс жасап шығарылды және бұл өңдеу сапасын жақсартады;

- тесіктерді үңгі-тартажоңғышпен өңдеу процесін сипаттайтын, жүйе параметрлерінің режимдерін және масса-геометриялық есепті жүргізуге мүмкіндік беретін математикалық модель жасалды;

- жобалау әдістемесі жасалынды және оның базасының негізінде тесікті өңдеу үшін жаңа металкескіш конструкция көрсетілді;

- кесумен өңдеудің эксперименталды нәтижелері алынды және үңғы-тартажоңғышпен тесіктерді өңдеудің сапасын жоғарлату тұралы экспериментпен дәлелденген қорытындылар шығарылды;

- эксперименталды зерттеулер негізінде технологиялық факторлардың (айналу жиілігі, беріс) өлшем дәлдігіне, кедір-бұдырлыққа, стандартты цилиндрлі үңгі мен үңгі-тартажоңғышпен өңдеу кезінде тесік беттің формасынан ауытқуына әсерлері белгілі болды.

Жаңа техникалық жасау ҚР-ның екі алдын ала патенттерімен және бір инновациялық патентімен бекітілген

**Конструкторлық, технологиялық және техникалық қолданудың негізгі сипаттамалары.** Жасалған әдістеме бойынша диаметрлер және өңдеу ұзындықтан, тесіктің дәлдігінен және өңдеуге керек әдіптермен байланысты үңгі-тартажоңғыштың конструктивті және геометриялық параметрлерін

есептеуге мүмкіндік береді. Цилиндрлік тесіктерді өңдеуге арналған үңгі-тартажоңғыштардың негізгі параметрлері келесі:

- өңдеу диаметрі, $d$ , мм	13,8			19,8			29,8		
- өңдеу ұзындығы, $l$ , мм	115	220	330	220	330	440	330	445	660
- тістер саны, $z$	4								
- винтті бунақтың еңкіштік бұрышы, $\omega$ , градус	15								
- нормаль қимадағы тістер қадамы, $t_N$ мм	6,519			9,418			14,247		
- тістердің осьтік қадамы $t_o$	25,187			36,388			55,046		
тістердің ені, $b$ , мм	1,5			2			3		
- кесу бөлігінің конустық бұрышы, $\varphi/2$ , градус	0°2'2"			0°1'25"			0°0'56"		
- кесу бөлігінің ұзындығы, $l_p$ , мм	63			91			138		
- мөлшерлеу бөлігінің ұзындығы, $l_k$ , мм	15			28			28		
- үңгі-тартажоңғыштың ұзындығы, $L$ , мм	170			260			305		
- алдыңғы бұрыш, $\gamma$ , градус	5			10			15		
- артқы бұрыш, $\alpha$ , градус	7 – 10								

**Өндіріске ендірілу деңгейі.** «Format Mach Company» ЖШС-та үш түрлі өлшемдер (13,8 мм, 19,8 мм және 29,8 мм) бойынша үңгі-тартажоңғыштың тәжірибелік үлгілер жасалынды. Олар «Завод нестандартизированого оборудования» ЖШС-та сыналды, оларға растау құжаттар берілді.

#### **Ғылыми-зерттеу жұмыстарды ендірілу қорытындысы**

Зерттеу нәтижелері «Металл кескіш аспаптарды жобалау және құрастыру», «Кесу теориясы», «Өндіріс технологиясы» пәндер бойынша 050712-Машинажасау, 050732-Стандарттау, метрология және сертификаттау маманықтарды дайындау кезінде ендірілді (№4 хаттама, 18.11.2009ж).

**Қолдану саласы** – цилиндрлік үңгілердің орнына үлкейтілген әдіппен (0,8–1,0мм), кедір-бұдырлығы 7 – 8 квалитет дәлдік бойынша, диаметрі 40 мм ден аса қақталмалы тартылған материалдардан цилиндрлік тесіктерді өңдеу үшін металл кескіш құрал үңгі-тартажоңғыш ұсынылды.

**Жұмыстың маңызы.** Бұрама тісті жаңа конструкциялы үңгі-тартажоңғыш арқылы кесу шарттары өзгерілді. Ол өңдеу сапасын арттырады және кесу шарттарын жетілдіреді. Оның кесетін бөлігінің конустығы арқылы кесу жұмысы ұзын кесу жиегінде үлестірілген. Кесіндінің қалыңдығы, меншікті деформация, кесу аумағындағы температура азаяды.

#### **Зерттеу нысанының дамуы туралы болжамдық көзқарастар.**

Негізделген теориялық жағдайлар бар болған технологиялық үрдістерді жетілдіру және жаңа технологиялық үрдістерді өңдеу үшін қолдануға болады.

**Қазақстан Республикасы  
Алматы, 2010**

**Improvement of quality of processing of cylindrical apertures with application of a new design of a vertical drill-protjzhki**

dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.03.01 – "Technology and equipment for mechanical and physical-technical treatment.

**RESUME**

**Object of research** – a new way for processing of cylindrical apertures, the metal-cutting tool a vertical drill-protjzhka and accuracy of processing.

**The work purpose** – improvement of quality of cylindrical apertures with application of a new way and a new design of the tool – a vertical drill-protjzhki with maintenance of favorable conditions of cutting and shaving cutting.

**Methods of researches** – In work are combined theoretical and experimental methods of research. Theoretical researches were spent with use of substantive provisions of the theory of cutting: improvement of smoothness of work, tap of a shaving and firmness increase at use of a design of tools with screw teeths, and also the mathematical analysis and technology of mechanical engineering.

**Scientific novelty.** In dissertational work for the first time:

- conditions формообразования and cutting of a surface of an aperture at processing by the new metal-cutting tool by a vertical drill-proheavy are theoretically proved and the new way of processing of apertures which doesn't cause the bending moment and withdrawal of an axis of the tool that raises quality of processing is developed on this basis;

- the mathematical model describing process of processing of apertures by a vertical drill-proheavy is developed, allowing to settle an invoice masso-geometrical and regime parameters of system;

- the technique of designing is developed and on its base the new design of the metal-cutting tool for processing of apertures is presented;

- experimental results of processing are received by cutting and, the conclusions confirmed with experiments are drawn on improvement of quality of processing of apertures by a vertical drill-proheavy.

- on the basis of experimental researches influences of technology factors (frequency of rotation, giving) on accuracy of the size, a roughness, deviations of the form of a surface of apertures are established at processing by a standard cylindrical vertical drill and a vertical drill-proheavy.

Novelty of technical workings out is confirmed by two preliminary patents PK and one innovative patent PK.

**The main construction, technological and techno-operating characteristics.**

The technique developed allows one to calculate structural and geometric parameters of countersinks, broaches for processing depending on the diameter and

length of treatment required by the bottom layer of precision holes and machining allowances. Basic countersinks, broaches for processing cylindrical holes as follows:

- diameter of processing, $d$ , mm	13,8			19,8			29,8		
- length of processing, $l$ , mm	15	20	30	20	30	40	30	45	60
- number of teeth, $z$	4								
- an angle of slope of screw flutes, $\omega$ , degrees	15								
- a step of teeth to normal section, $t_N$ mm	6,519			9,418			14,247		
- an axial step of teeth $t_o$	25,187			36,388			55,046		
- width of teeth, $b$ , mm	1,5			2			3		
- taper angle of the cutting, $\varphi/2$ , degree	0°2'2"			0°1'25"			0°0'56"		
- the length of the cutting part, $l_p$ , mm	63			91			138		
- length of a calibrating part, $l_k$ , mm	15			28			28		
- length of the sweep-broach, $L$ , mm	170			260			305		
- rake, $\gamma$ , degree	5			10			15		
- clearance, $\alpha$ , degree	7 – 10								

**Degree of introduction.** Prototypes of countersinks, broaches on TOO «Format Mach Company» three sizes (13,8 mm, 19,8 mm and 29,8 mm), which were tested LLP Factory nestandartizirovanogo equipment and corroborated by the implementation.

**Results of the implementation of research.** The study introduced in the educational process of PSU S. Torajgyrov (protocol № 4 of 18.11.2009) in the preparation of students of engineering specialties: 050712-Engineering, 050732, standardization, accreditation and metrology in the study of discipline”; ”Design and manufacturing of cutting tools”; ”Theory of cutting”; ”Basics of the Machines”.

**Place of application.** It is used for treatment of cylindrical holes 6 - 7 bottom layer of accuracy with a large oversize diameter greater than 40 mm and a length of up to two diameters.

**Importance of work.** Is to change the cutting conditions on the basis of newly developed design countersinks, broaches with screw teeth, which enhances the quality of processing and improve the cutting conditions, in which the work is divided into more cutting length cutting edges by cutting part of the taper, decreasing slice thickness, specific deformation and temperature in the cutting zone.

**Proposal prognosis about development of object research.** Basic theoretical concepts can be applied in the development of new processes and improving existing ones.

**Republic of Kazakhstan  
Almaty, 2010**

Подписано в печать 27.08.2010 г.  
Печать – ризография  
Усл.п.л. 1 Тираж 120 экз.  
Отпечатано в Издательстве «КЕРЕКУ»  
Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова  
г. Павлодар, ул. Ломова, 64, тел.: 8 (7182) 67-36-69