



МУСИНА ЖАНАРА КЕРЕЙОВНА

**Повышение качества обработки отверстий с разработкой новой
конструкции сверла**

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 в Казахском национальном техническом университете
им. К.И. Сатпаева и Павлодарском государственном университете
им. С. Торайгырова

Научный руководитель: доктор технических наук
Мендебаев Т.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Аликулов Д.Е.

кандидат технических наук
Абсадыков Б.Н

Ведущая организация Карагандинский государственный
технический университет

Защита состоится «29» сентября 2010 года в 14⁰⁰ 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^а,
ИМС, аудитория 304

Тел. 8(727)2577183, факс: 8 (727)2926025, e-mail: 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 «28» августа 2010 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Д14.17.02
доктор технических наук



Сазамбаева Б.Т.

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы. В условиях независимости и реформирования казахстанской экономики одной из ключевых задач является улучшение инновационной деятельности и практического использования научно-технических достижений, обеспечивающих конкурентоспособность продукции на мировом рынке. Сегодня в Казахстане разворачивается стратегия инновационного прорыва. Конкретные шаги по реализации и активизации инновационной программы сделаны с принятием Стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан до 2015 г., законов «Об инновационной деятельности», «О науке». Это связано с решением проблемы преодоления технологической отсталости, модернизации базовых отраслей, при этом требуется развитие инструментального производства, т.к. оно тесно связано с машиностроением и металлообрабатывающей промышленностью – одним из приоритетных направлений стратегии. Успешное развитие каждого производства в значительной степени зависит от того, насколько оно обеспечено надлежащего качества инструментом, оснасткой и т.п. Практика показывает, какое немаловажное значение имеют металлорежущие инструменты для современного машиностроения.

Среди многообразия различных типов инструментов, используемых для обработки отверстий, наиболее распространенным является спиральное сверло. Но, вместе с тем, до сих пор отдельные конструктивные элементы сверла и оптимальные соотношения между ними для различных условий эксплуатации не установлены, и сверло остаётся одним из несовершенных металлорежущих инструментов.

Основным недостатком конструкции спирального сверла является неблагоприятная геометрия его поперечной кромки, создающая тяжёлые условия резания, сопровождающаяся повышенными осевой силой, износом и температурой в зоне резания. На поперечной кромке, на которую приходится до 80% осевой силы, фактически вместо резания имеет место выдавливание, смятие и скобление из-за больших отрицательных передних углов (до минус 57°). Геометрия поперечной кромки традиционного спирального сверла противоречит фундаментальному положению науки «Теория резания» о геометрии режущего клина, основным условиям срезания и формирования стружки.

Необходимость улучшения работоспособности спиральных свёрл привела к изысканию способов улучшения конструкции режущей части. Несмотря на значительное множество работ, геометрия режущей части сверла в достаточной степени не изучена и скрывает в себе значительные резервы стойкости и производительности.

Представленная диссертационная работа направлена на разработку новой конструкции сверла, метода снятия стружки, улучшение условий резания при сверлении отверстий и является актуальной в области обработки отверстий.

Устранение недостатков и проблем, возникающих при сверлении отверстий, дало толчок к изобретению двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки. Поперечная кромка на указанном сверле срезается образованием обратного угла при вершине и прорезанием канавки, одна стенка которой совпадает с осью сверла. Это позволило исключить силу, возникающую на

поперечной кромке стандартного сверла, и улучшить силовые отношения в зоне резания, уменьшить образование тепла, повысить стойкость сверла и качество обработки отверстий – точность формы и размера, шероховатость полученной поверхности.

Цель диссертационной работы – улучшение условий сверления отверстий в деталях машин новым способом обработки с разработкой нового инструмента – двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки, обеспечивающего повышение качества обработки.

Научная новизна работы:

- разработан способ снятия стружки и формообразования с целью создания благоприятных условий резания и выравнивания сил резания на режущих кромках при сверлении отверстий;

- представлена новая конструкция двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки для сверления отверстий и последовательность формирования режущей части согласно фундаментальному положению науки «Теория резания» о геометрии режущего клина для резания металлов;

- представлена теоретическая геометрическая модель для определения действующих сил в зоне резания, оптимального положения двух вершин в радиальном и осевом направлениях сверла, конструктивных и геометрических параметров режущей части двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки;

- разработаны математические модели, описывающие динамические процессы при обработке отверстия инструментом, позволяющие произвести теоретический расчёт основных параметров системы;

- выведены эмпирические зависимости, описывающие характер влияния скорости резания и подачи на показатели качества поверхности отверстия.

Новизна технических решений подтверждается на уровне изобретений предварительными патентами Республики Казахстан (№ 19559 от 16.06.2008г., № 19687 от 15.07.2008г.), выданных Комитетом по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан.

Положения, выносимые на защиту:

- способ сверления отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки, обеспечивающий благоприятные условия резания и выравнивание сил резания на режущих кромках;

- теоретическая геометрическая модель для определения действующих сил в зоне резания, оптимального положения двух вершин в радиальном и осевом направлениях сверла, конструктивных и геометрических параметров режущей части двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки;

- разработанная конструкция двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки, в которой устранена поперечная кромка созданием обратного конуса при вершине и прорезанной канавкой;

- результаты экспериментальных исследований, отражающих влияние режимов резания и конструкции режущей части сверла на стойкость инструмента и параметры качества отверстий.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались:

- на международных научно-практических конференциях: «Современные проблемы механики, строительства и машиностроения» (Павлодар, 2006 г.), «Состояние и перспективы развития механики и машиностроения в Казахстане» (Алматы, 2007 г.), «VIII Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2008 г.), «Научная индустрия европейского континента – 2008» (Чехия - Прага, 2008 г.), «IX Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2009 г.), «Актуальные достижения европейской науки – 2010» (Болгария - София, 2010 г.);

- на объединенных и расширенных научных семинарах профессорско-преподавательского состава кафедр Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева и Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова (2006 – 2010 гг.);

- на производственных совещаниях предприятия ТОО «Завод нестандартизированного оборудования» (Павлодар, 2009 г.).

Практическая ценность работы заключается в разработке благоприятных условий резания при сверлении отверстий новым двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки, исключающих противоречие геометрии поперечной кромки стандартного сверла фундаментальному положению о геометрии режущего клина и формирования стружки.

На ТОО «Завод нестандартизированного оборудования» апробированы опытные образцы двухвершинных спиральных свёрл без поперечной кромки диаметрами 13,5мм, 19,5мм и 29,5мм.

Работа выполнена в рамках гранта по программе «Жас ғалым» Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова в 2008-2009 учебном году № С13 «Экспериментальные исследования точности обработки отверстий осевым инструментом» (приказ №1-02-06/1012 от 29.12.2008г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 работ, в том числе два предварительных патента Республики Казахстан, 3 статьи в научных журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов и выводов, заключения, списка использованных источников из 124 наименований, изложенных на 140 страницах текста, содержит 85 рисунков, 25 таблиц и приложения.

Автор выражает глубокую благодарность и огромную признательность кандидату технических наук профессору кафедры машиностроения и стандартизации Павлодарского государственного университета имени С.Торайгырова **Дудаку Николаю Степановичу** за квалифицированные консультации в ходе работы над диссертацией.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта общая характеристика работы, обоснована актуальность, определена цель, представлены научная новизна и практическая ценность работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, публикации, структура и объем диссертации.

В первом разделе диссертации приведён анализ современного состояния проблемы, выполнен обзор исследований по обработке отверстий спиральными свёрлами и выявлены несовершенства их конструкции.

Анализ литературных источников показал, что существующие металлорежущие инструменты для сверления отверстий в сплошном материале – свёрла – в наибольшей степени изнашиваются по поперечной кромке, которая является причиной нестабильности процесса сверления, повышения температуры, многократного увеличения осевой силы, снижения стойкости.

Для улучшения условий резания многими исследователями разработаны способы заточки традиционных свёрл и подточки поперечной кромки, а также различные конструкции свёрл. Однако подточки привели лишь к видоизменениям поперечной кромки и не исключили её как источник неблагоприятных условий резания. Тем самым не в полной мере устраняются силы, действующие на поперечную кромку, передний угол на поперечной кромке уменьшается, но всё-таки остаётся отрицательным. Указанные условия работы поперечной кромки значительно ухудшают условия резания и качество обработанного отверстия.

Второй раздел посвящен теоретическому исследованию способа срезания стружки, условий резания, определению количества теплоты при сверлении отверстий, конструктивных и геометрических параметров режущей части двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки и математическому описанию процесса сверления.

У традиционного спирального сверла при обработке передний угол различен в разных точках режущего лезвия. Скорость резания не постоянна и меняется от нуля в центре сверла до определённого максимального значения на периферии сверла.

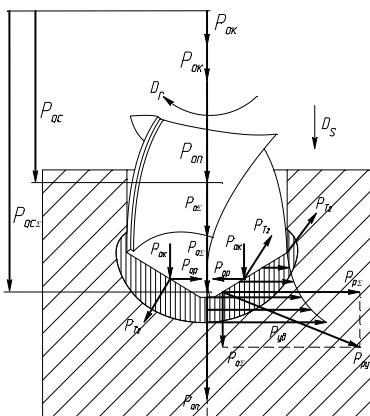
Процесс сверления протекает в тяжёлых условиях резания: затруднён отвод стружки и подвод СОЖ; происходит значительное трение стружки о поверхность канавок сверла и самого сверла об обработанную поверхность; очень неблагоприятным является передний угол на поперечной кромке. У стандартных спиральных свёрл из-за большого отрицательного переднего угла γ на поперечной кромке $-57^\circ \dots -60^\circ$ вместо резания имеет место смятие, выдавливание и скобление металла, в результате чего при сверлении стандартным спиральным сверлом повышается температура, ухудшается качество обработки, создаются неблагоприятные условия резания, снижается стойкость сверла.

При сверлении равнодействующие силы резания, приложенные к режущим кромкам сверла, разлагаются на три взаимно перпендикулярные составляющие силы: осевые силы $P_{ок}$; тангенциальные силы $P_{Tг}$; радиальные силы P_p .

Осевая сила $P_{ок}$ преодолевает сопротивление материала внедрению сверла. Тангенциальные силы возникают за счёт сопротивления материала заготовки отделению срезаемого слоя и создают на сверле крутящий момент. Радиальные силы на двух режущих кромках направлены в противоположные стороны и взаимно уравниваются, если они равны по величине (иначе способствуют уходу сверла). Помимо всего, на сверло действуют силы сопротивления, возникающие на поперечной режущей кромке $P_{он}$, которые составляют до 65-

80%, силы трения на ленточках P_T – 3%, осевые силы на режущих кромках – 17-32%.

При сверлении отверстий спиральными свёрлами с поперечной кромкой, кроме действующих сил сопротивления процессу резания, на деталь в зоне поперечной кромки присутствуют дополнительные силы от действия повышенной температуры (рисунок 1).



P_{Tz} – тангенциальная сила резания, действующая на режущие кромки;

$P_{y\delta}$ – удельная сила распираия и деформации отверстия;

$P_{p\Sigma}$ – суммарная радиальных удельных сил;

$P_{o\Sigma}$ – суммарная осевых удельных сил;

P_{py} – результирующая удельных сил;

$P_{ок}$ – осевая сила, действующая на режущие кромки;

$P_{ор}$ – радиальная сила, действующая на режущие кромки;

$P_{он}$ – осевая сила, действующая на поперечную кромку.

Рисунок 1 – Модель действующих сил на спиральное сверло с поперечной кромкой с учётом механических и тепловых воздействий

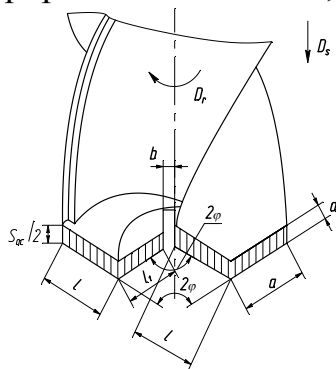
Осевые составляющие силы от расширения обрабатываемого материала увеличивают суммарную осевую силу. Радиальные составляющие сил, возникающие от расширения аномально нагретого материала за счёт действия поперечной кромки, приводят к погрешности формообразования, изменению формы и ухудшению шероховатости поверхности отверстия.

В результате выделения большого количества тепла на поперечной кромке (заштрихованная зона на рисунке 1) из-за теплового расширения возникают дополнительные силы, действующие на сверло. P_{py} – результирующая удельных сил $P_{y\delta}$ (условно показаны на одной стороне от оси сверла; они распределены равномерно по окружности); Результирующая удельных сил раскладывается на составляющие $P_{p\Sigma}$ и $P_{o\Sigma}$, кроме того, $P_{p\Sigma} = \sum P_{y\delta}$ вызывает «распираие», деформацию отверстия в радиальном направлении.

Основным отличительным признаком способа сверления отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки является отсутствие поперечной кромки и замена её внутренними режущими лезвиями с соблюдением основных фундаментальных положений о геометрии режущего клина с положительным передним и задним углами.

На рисунке 2 показана схема срезания стружки двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки по новому способу. Поперечная кромка заменена внутренними лезвиями и прорезанной канавкой, и процесс срезания стружки происходит в измененных условиях резания без отрицательных передних углов. Созданы нормальные условия резания режущими внутренними кромками, которые заменили поперечную кромку и устранили противоречие между фундаментальным положением о геометрии режущего клина и условиями формирования стружки. Характер срезания стружки новым спиральным двухвершинным сверлом существенно изменен, что способствует повышению качества сверления.

На рисунке 3 аномально нагретая зона обрабатываемого отверстия и дополнительные силы, возникающие при этом, отсутствуют из-за исключения поперечной кромки, что значительно облегчает условия резания и уменьшает действующие силы. На рисунке 3 показаны $P_{он}$ – составляющая осевой силы, действующая на наружные режущие кромки; $P_{ов}$ – составляющие осевой силы, действующие на внутренние режущие кромки; $P_{о\Sigma}$ – суммарная составляющая осевых сил, действующих на режущие кромках; $P_{рн}$ – радиальная сила, действующая на наружных режущих кромках; $P_{ра\Sigma}$ – суммарная радиальная сила резания (на наружных кромках радиальные силы уравниваются); $P_{рв}$ – радиальная сила резания на внутренней режущей кромке полной длины; $P_{рвк}$ – радиальная сила резания на внутренней режущей кромке, укороченной прорезанием канавки; b – ширина канавки (укорочение режущей кромки).



D_r – главное движение скорости резания;
 D_s – вспомогательное движение подачи,
 $D_s = S_{ос}$;
 $2\varphi = 120^\circ$ – угол при вершине;
 $S_{ос}$ – осевая подача;
 a – толщина среза.

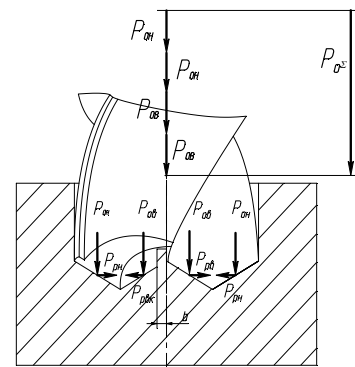


Рисунок 2 – Схема срезания стружки двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки новым способом

Рисунок 3 – Модель действующих сил на двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки

В соответствии с выполненным в диссертации анализом трёх вариантов расположения вершин сверла для выявления лучших условий резания, принято оптимальное расположение вершин двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки с расстояниями от вершин до оси сверла $0,25d$ сверла.

Дифференциальное уравнение, описывающее поступательное движение инструмента при обработке, составленное на основании принципа Д'Аламбера, имеет вид

$$m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \mu \frac{\partial x}{\partial t} + P_{ос} + \frac{2(M_{кр} + M_{изг})}{d} = P, \quad (1)$$

где m – масса движущихся частей системы;

μ – коэффициент вязкого трения, зависящий от силы трения и марки СОЖ;

x – перемещение сверла;

$P_{ос}$ – осевое усилие;

d – диаметр сверла;

$M_{кр}$ – крутящий момент;

$M_{изг}$ – изгибающий момент;

P – усилие подачи

Преобразуя уравнение (1) путём следующих обозначений $V = \partial x / \partial t$ – скорость поступательного движения сверла, $T = \sqrt{m/c}$ – постоянная времени системы, $K = 1/\mu$ – коэффициент усиления, получили

$$T \frac{\partial V}{\partial t} + V = K \left(P - P_{oc} - \frac{2M_{кр} + M_{уз2}}{d} \right) \quad (2)$$

Общее решение уравнения (2), которое определяет переходной процесс принимает вид

$$v_{об} = c e^{-\frac{t}{T}} \quad (3)$$

Частное уравнение при $t=0$, $v=0$ уравнения (2)

$$v_ч = K \left(P - P_{oc} - \frac{2(M_{кр} + M_{уз2})}{d} \right) \quad (4)$$

Полное решение уравнения $v = v_{об} + v_ч$, т.е.

$$v = c e^{-\frac{t}{T}} + K \left(P - P_{oc} - \frac{2(M_{кр} + M_{уз2})}{d} \right) \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение, описывающее динамику вращательного движения инструмента, в линейном виде представлено следующим образом

$$I \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \alpha \frac{\partial \varphi}{\partial t} + K_y \varphi = M_{np} \quad (6)$$

где I – момент инерции вращающихся частей системы;

α – коэффициент, связывающий вязкое трение с угловой скоростью;

K_y – коэффициент упругости материала;

φ – угол поворота;

M_{np} – приводной крутящий момент.

Преобразуя уравнение (6) получили

$$T_k^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + T_g \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \varphi = K_M M_{np} \quad (7)$$

где $T_k = \sqrt{I/K_y}$, $T_g = \sqrt{\alpha/K_y}$, $K_M = 1/C$

В случае воздействия на инструмент неуравновешенной радиальной силы, меняющейся по гармоническому закону, дифференциальное уравнение принимает следующий вид

$$I \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \alpha \frac{\partial \varphi}{\partial t} + K_y \varphi = P_p \cos \omega t \quad (8)$$

где P_p – радиальная неуравновешенная сила;

ω – частота вынужденных колебаний.

Путём преобразования уравнения (8) получили

$$T_k^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + T_g \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \varphi = K_M P_p \cos \omega t \quad (9)$$

Для уменьшения амплитуды колебания инструмента от неуравновешенных радиальных сил необходимо обеспечить вращение инструмента в зарезонансном режиме, т.е. $\omega \gg \omega_c$, где $\omega_c = \sqrt{\frac{K_y}{I}}$ – частота собственных колебаний.

В третьем разделе представлены конструкция, методика проектирования и расчёта основных конструктивных и геометрических параметров, маршрут формирования режущей части и приспособление для заточки двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки.

Сравнительный анализ способов срезания стружки традиционным сверлом с поперечной кромкой и новым двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки показал, что в первом случае имеют место очень неблагоприятные условия формирования обрабатываемой поверхности отверстия и действующих сил. В результате поверхность, обработанная традиционным сверлом, имеет высокую шероховатость. При обработке отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки, при которой устранён источник дестабилизирующего влияния – зона повышенного нагрева – условия резания и формообразования обрабатываемой поверхности улучшаются, и значительно снижается шероховатость. Геометрические параметры нового спирального сверла без поперечной кромки соответствуют фундаментальным положениям теории резания о режущем клине.

Поперечная кромка у двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки (рисунок 4) срезается за счёт обратного угла при вершине 2φ и прорезания разделительной канавки, расположенной вдоль стандартной поперечной кромки (под углом ψ), одна стенка которой совпадает с осью сверла. Обе вершины сверла расположены на одной линии, перпендикулярной к оси сверла, на расстоянии четверти диаметра от оси; в одной осевой плоскости сверла расположены внутренние главные режущие кромки.

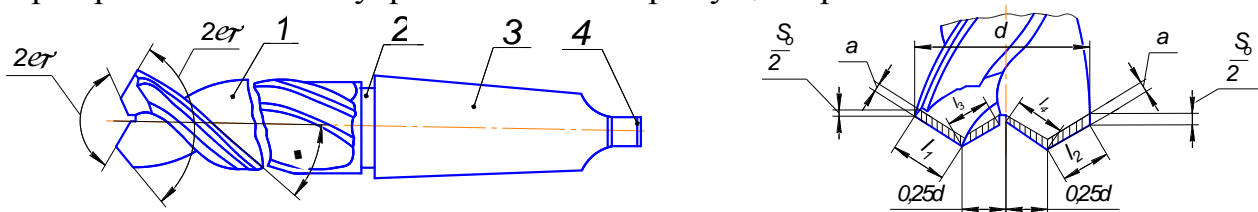


Рисунок 4 – Двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки с направляюще-выглаживающими ленточками

Указанная конструкция приосевой режущей части сверла исключает поперечную кромку, которая присуща всем видам существующих свёрл и является причиной неблагоприятных условий резания. Это позволяет исключить силу, возникающую на поперечной кромке стандартного сверла, и улучшить силовые соотношения в зоне резания, уменьшить образование тепла, повысить стойкость инструмента и качество обработки отверстий.

Для направления двухвершинного спирального сверла в отверстии в условиях работы не равных по длине внутренних режущих кромок (хотя резание с образованием двух конусов и обеспечивает меньшую склонность к разбивке) предусмотрены направляюще-выглаживающие ленточки.

Проектирование и расчёт двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки заключается в определении конструктивных элементов: диаметра сверла, профиля винтовой канавки, угла наклона винтовой канавки, обратной конусности, длины рабочей части, режущих кромок и геометрии режущей части, типа и размеров хвостовика.

Порядок формирования режущей части двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки производится в шесть этапов: 1) срезается плоским кругом вершина стандартного спирального сверла; 2) фасонным кругом формируется обратный угол при вершине, обеспечив совпадение оси сверла и

оси симметрии круга; 3) устранение поперечной кромки производится путем прорезки канавки вулканитовым кругом; 4) выполняется заточка внутренней режущей кромки чашечным кругом (необходимо чтобы конец внутренней режущей кромки проходил через центр сверла); 5) осуществляется заточка внешнего заднего угла; 6) осуществляется заточка внутреннего заднего угла.

При изготовлении опытных образцов инструмента заточка осуществлялась настройкой приспособления на заточном станке.

В четвёртом разделе представлена организация проведения экспериментальных исследований параметров качества отверстий: измерения диаметра отверстий, шероховатости поверхности, отклонений формы отверстий в поперечном и продольном сечениях.

Для оценки качества процесса сверления отверстий приняты параметры: стойкости, разбивки отверстий, шероховатости и факторы: скорость резания и подача сверла.

План экспериментов принят типа 2^2 . Матрица планирования, условия и результаты опытов приведены в таблице 1, на примере диаметра 19,5 мм. В таблице 1 верхний уровень обозначен «+», а нижний – «-». Для повышения точности определения параметров модели каждый опыт, предусмотренный планом эксперимента, повторен 3 раза.

Таблица 1 – Матрица планирования, условия и результаты опытов

№ опыта	Матрица планирования		Условия опытов		Результаты опытов			y_j , мин	S_1^2	\bar{y}_j , мин	$(y_i - \bar{y}_j)^2$
	X_1	X_2	v , м/мин	S , мм/об	y_{j1} , мин	y_{j2} , мин	y_{j3} , мин				
1	+	+	11,946	0,32	78,50	79,65	78,15	78,77	0,74	79,11	0,116
2	-	+	6,126	0,32	83,38	86,47	85,25	85,03	5,71	84,35	0,462
3	+	-	11,946	0,15	76,35	78,52	77,3	77,39	1,13	77,15	0,058
4	-	-	6,126	0,15	82,85	80,32	83,7	82,29	0,74	82,31	0,001

Обработка данных выполнена по формулам математической статистики.

Табличное значение критерия при 5%-ном уровне значимости равно $G_T=0,7679$ (критерий Кохрена). Полученное значение критерия ($G=0,686$) меньше табличного, поэтому гипотеза однородности дисперсий не отвергается.

После исключения незначимых коэффициентов регрессии получена модель в кодированных переменных

$$y=80,87 - 0,87x_1 - 1,55x_2 \quad (10)$$

Для проверки гипотезы адекватности полученной модели оценены дисперсия воспроизводимости эксперимента $s^2\{y\}$ и дисперсия модели s_{ao}^2 .

Так как $s_{ao}^2 < s^2\{y\}$, ($0,938 < 1,98$), поэтому гипотеза адекватности модели принята без расчёта критерия Фишера, но для наглядности приведено сравнение с табличным значением критерия Фишера

$$F = \frac{S_{ao}^2}{S^2\{y\}} = \frac{0,938}{1,98} = 0,47 < 5,32 = F_{табл} \quad (11)$$

Зависимости стойкости, разбивки отверстия и шероховатости поверхности отверстия сверла от исследуемых факторов процесса сверления следующие

$$T = \frac{4,382}{V^{2,33} S^{3,71}}$$

$$\delta d = 0,2998 \frac{S^{0,077}}{V^{0,056}}$$

$$Ra = 9,57 \frac{S^{0,53}}{V^{0,01}}$$

Оценка показателей качества отверстий, обработанных стандартным спиральным сверлом и двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки осуществлялась универсальными средствами измерений – штангенциркулем, индикаторным нутромером; инструментальным горизонтальным оптиметром мод. ИКГ 3, профилометром мод. 259.

В пятом разделе представлены результаты влияния режимов резания на параметры качества сверления отверстий.

При сверлении отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки диаметром 19,5 мм время до переточки составило 81,2 мин, для стандартного сверла – 45 мин, что в 1,8 раз выше (рисунок 5).

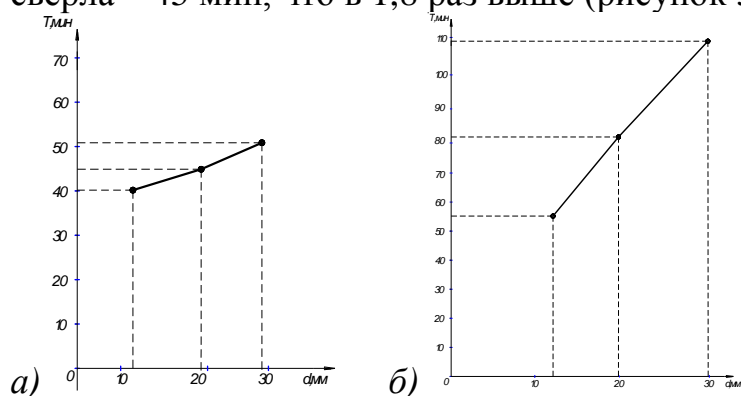


Рисунок 5 – Графики стойкости стандартного спирального сверла (а) и двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки (б)

На основании проведенных измерений диаметров отверстий были построены графики зависимости разбивки обрабатываемых отверстий от скорости резания и подачи (рисунки 6 и 7).

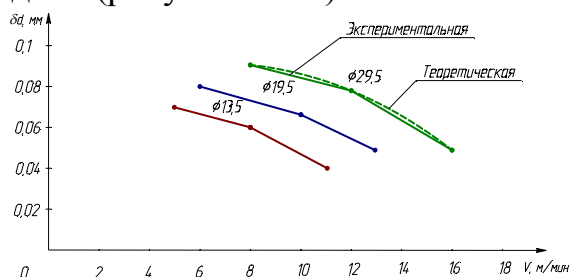


Рисунок 6 – Зависимость точности диаметральных размеров (разбивки) от скорости резания V , м/мин

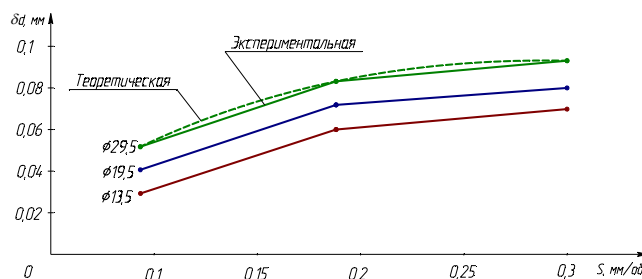


Рисунок 7 – Зависимость точности диаметральных размеров (разбивки) от подачи S , мм/об.

Как видно из графиков, отклонения диаметральных размеров уменьшаются с увеличением скорости резания и увеличиваются с увеличением подачи.

На профилометре измерялась шероховатость поверхности обработанных отверстий, и были построены графики (рисунки 8, 9), где шероховатость уменьшается с увеличением скорости резания и увеличивается с увеличением подачи.

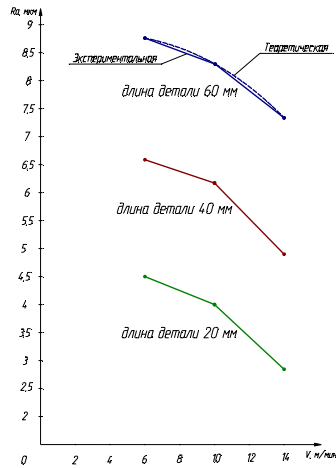


Рисунок 8 — Зависимость шероховатости поверхности отверстия $\varnothing 19,5\text{мм}$ от скорости резания v , м/мин

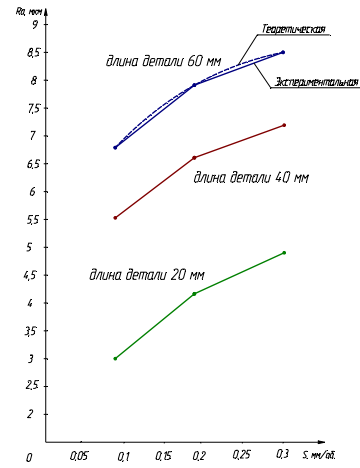


Рисунок 9 — Зависимость шероховатости поверхности отверстия $\varnothing 19,5\text{мм}$ от подачи S , мм/об

Измерения отклонений формы отверстий выполнялись индикаторным нутромером (рисунки 10, 11). Для стандартного спирального сверла отклонение от круглости 1, 2 и 3 экспериментов: составили 50мкм, 78мкм и 64мкм соответственно. Для двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки, 1, 2 и 3 экспериментов составили 35мкм, 30мкм и 38мкм соответственно.

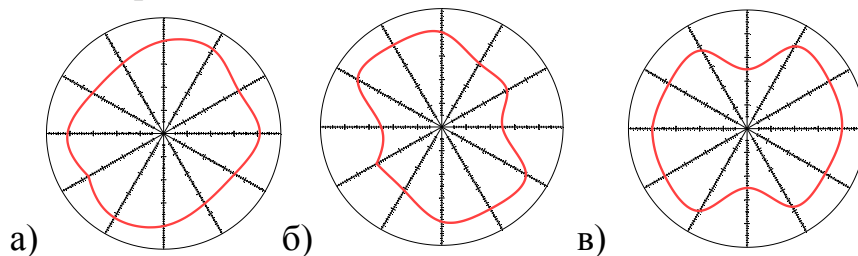


Рисунок 10 – Отклонение формы отверстий в поперечном сечении после сверления стандартным спиральным сверлом

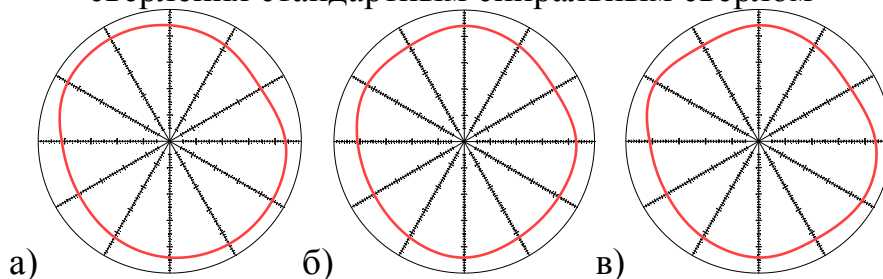


Рисунок 11 – Отклонение формы отверстий в поперечном сечении после сверления двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки

При обработке отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки отклонения формы в поперечном сечении в 1,4...2,6 раз меньше, чем стандартным спиральным сверлом.

Достоверность результатов измерений обработанных образцов подтверждены актами, выданными испытательной лабораторией отдела технического контроля АО «Павлодарский машиностроительный завод» и аккредитованной испытательной лабораторией ПФ АО «Национальный центр экспертизы и сертификации».

По результатам производственных испытаний опытных образцов двухвершинных спиральных свёрл без поперечной кромки на ТОО «Завод нестандартизированного оборудования» дано заключение, что предлагаемая конструкция двухвершинного спирального сверла позволила обеспечить шероховатость поверхности отверстий R_z 10...40мкм, точность обработки отверстий в пределах 11 качества точности.

Таким образом, сверление отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки обеспечивает повышение качества поверхности отверстий: снижает шероховатость, уменьшает разбивку и отклонения формы отверстий. Это объясняется облегчёнными условиями резания путём устранения поперечной кромки, что способствует увеличению стойкости новой конструкции сверла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы по работе

1 Выполнен сравнительный анализ обработки отверстий стандартным спиральным сверлом с поперечной кромкой и двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки, который показал, что наличие поперечной кромки у традиционного спирального сверла и отрицательного переднего угла (до минус 57°) оказывает дестабилизирующее влияние на условия и силы резания, стойкость инструмента и качество сверления отверстий.

2 Разработана конструкция двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки, в которой устранена поперечная кромка созданием обратного конуса при вершине и прорезанной канавкой между перьями. Это повышает стойкость сверла, создаёт благоприятные условия резания и формообразования. Новизна конструкции подтверждена патентами Республики Казахстан.

3 Разработан способ сверления отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки, обеспечивающий благоприятные условия резания на режущих кромках в соответствии с фундаментальным положением теории резания о режущем клине и его геометрии.

4 Разработаны математические модели, описывающие динамические процессы при сверлении отверстий новым сверлом, позволяющие теоретически произвести расчёт основных параметров системы.

5 Разработана теоретическая геометрическая модель для определения действующих сил в зоне резания, оптимального положения двух вершин в радиальном и осевом направлениях сверла, конструктивных и геометрических параметров режущей части двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки с уравновешенными радиальными силами.

6 Разработан технологический маршрут заточки двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки и предложены оптимальные

геометрические параметры его заточки, которые направлены на повышение стойкости сверла и точности сверления.

7 На предприятии ТОО «Завод нестандартизированного оборудования» выполнены производственные испытания опытных образцов двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки диаметрами 13,5мм, 19,5мм и 29,5мм, которые изготовлены в ТОО «Format Mach Company».

8 Выполнены эксперименты для определения влияния скорости резания и подачи на стойкость режущего инструмента, точность размера, шероховатость и отклонение формы поверхности отверстий при сверлении спиральными сверлами и двухвершинными спиральными сверлами без поперечной кромки. Получены акты достоверности результатов измерений обработанных деталей испытательной лаборатории технического контроля при АО «Павлодарский машиностроительный завод» и аккредитованной лабораторией ПФ АО «Национальный центр экспертизы и сертификации».

9 Выведены зависимости влияния скорости резания и подачи на параметры качества просверленных отверстий.

Оценка полноты решений поставленных задач. Разработана конструкция двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки, в которой поперечная кромка устранена созданием обратного конуса и прорезанием канавки, в результате чего исключен отрицательный передний угол, уменьшены разбивка отверстия и температура на режущих кромках, увеличена стойкость сверла и обеспечено повышение качества просверленных отверстий.

Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов. Разработан технологический маршрут заточки двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки и предложены оптимальные геометрические параметры его заточки. Двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки рекомендуется для сверления отверстий в сплошном материале диаметром до 80мм 11 качества точности с шероховатостью поверхности R_z 10...40мкм.

Оценка технико-экономического уровня выполненной работы в сравнении с лучшими результатами в данной области. Разработанная конструкция нового двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки подтверждена предварительным патентом Республики Казахстан. Предлагаемая конструкция сверла обеспечивает стойкость в 1,4...2,16 раз выше; отклонения формы в поперечном сечении в 1,4...2,6 раз меньше; шероховатость поверхности отверстий R_z 10...40мкм; точность обработки отверстий в пределах 11 качества точности по сравнению со стандартным спиральным сверлом.

Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области. Впервые предложена конструкция двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки, что позволяет изменить условия резания: облегчить и равномерно распределить силы резания на всех режущих кромках, уменьшить температуру в зоне резания, износ и повысить стойкость сверла при сверлении отверстий.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1 Мусина Ж.К., Дудак Н.С. и др. Новые режущие инструменты для работы на токарных, расточных, сверлильных и протяжных станках для повышения качества обработки деталей //Труды международной научно-технической конференции «Современные проблемы механики, строительства и машиностроения». – Павлодар, 2006. – Том 2. – С.40 – 43.

2 Мусина Ж.К., Дудак Н.С. и др. Методика планирования экспериментальных исследований при обработке отверстий новыми стержневыми инструментами //Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Вестник ПГУ – Павлодар, 2007. – № 4. – С. 154 – 163.

3 Мусина Ж.К., Мендебаев Т.М. и др. Новые режущие инструменты для обработки отверстий в сплошном материале //Труды международной научной конференции «Состояние и перспективы развития механики и машиностроения в Казахстане». – Алматы, 2007. – Том 2. – С. 297 – 298.

4 Мусина Ж.К., Кусаинов И.Б. Аналитический обзор обработки отверстий свёрлами //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2008. – Том 12. – С. 311 – 317.

5 Мусина Ж.К., Дудак Н.С. Выбор и расчет специального спирального сверла //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2008. – Том 20. – С. 115 – 119.

6 Мусина Ж.К., Дудак Н.С. Двухвершинные спиральное и перовое свёрла. //Materialy IV mezinarodni vědecko – praktika conference «Vědecky prumysl evropskeho kontinentu – 2008». Dil 14. Nechnické vědy: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. 2008. – 71 – 75 stran.

7 Предварительный патент Республики Казахстан № 19559 на изобретение. Двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки с направляющими ленточками / Мусина Ж.К., Дудак Н.С.; опубл. 16.06.2008, Бюл. № 6. – 6 с.: ил.

8 Предварительный патент Республики Казахстан № 19687 на изобретение. Двухвершинное перовое сверло без поперечной кромки / Мусина Ж.К., Дудак Н.С.; опубл. 15.07.2008, Бюл. № 7. – 8 с.: ил.

9 Мусина Ж.К., Дудак Н.С., Кусаинов И.Б. Конструктивные элементы двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «IX Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2009. – Том 14. – С.124 – 132.

10 Мусина Ж.К. Обработка отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки //Республиканский журнал Карагандинского государственного технического университета. Труды университета № 1 (38) – Караганды, 2010. – С. 30 – 32.

11 Мусина Ж.К. Двухвершинные сверла без поперечной кромки //Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Вестник ПГУ № 2. – Павлодар, 2010. – С. 97 – 110.

12 Мусина Ж.К. Модель действующих сил на двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки //II Международная научно-практическая конференция «Актуальные достижения европейской науки – 2010». Болгария – София, 2010. – С. 61 – 65.

МУСИНА ЖАНАР КЕРЕЙҚЫЗЫ

Бұрғының жаңа құрылымын жасау арқылы тесіктердің өңдеу сапасын арттыру

05.03.01 – Механикалық және физикалық-техникалық өңдеу технологиясы мен жабдықтар мамандығы бойынша техника ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертацияның

ТҮЙІНДЕМЕ

Зерттеу нысаны. Цилиндрлік тесіктерді өңдеуге арналған көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғысы.

Жұмыстың мақсаты. Машина тетіктеріндегі тесіктерді тесіп өндеудің шарттарын жақсарту үшін бұрғылаудың жаңа тәсілін, көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғыны жасап пайдалану.

Жұмыстың жүргізу әдістері. Жұмыс теориялық және эксперименттік зерттеу әдістерін пайдаланып жүргізілді. Теориялық зерттеулер кесу теориясының кескіш сына және оның геометриясымен, механикасының, материал кедергісінің фундаментальдық теориялық негіздерін пайдаланып орындалды. Эксперименттік зерттеулерді жүргізу кезінде экспериментті жоспарлау математикалық статистика және параметрлерді оптимизациялау тәсілдеріне сүйеніп жүргізілді.

Жұмыстың нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар:

- тетіктерді бұрғылау кезінде кесуге, тиімді жағдай жасау үшін және кесу жиектеріндегі күштерді бір деңгейде болдыру мақсатында жоңқаны алу және түрін қалыптастыру тәсілі жасалынды;

- тесіктерді бұрғылаушы көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғының жаңа құрылымы мен кесу бөлігінің қалыптасу реті кесу теориясының кескіш сына геометриясы фундаментальдық ғылымға негізделіп көрсетілген;

- кесу аймағында әрекеттегі күштерді анықтау үшін, радиалды және өсті бағытты екі ұшының тиімді күйін анықтау үшін, тесіктерді бұрғылаушы көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғының кесу бөлігінің құрымдылық және геометриялық параметрлері үшін теориялық геометриялық моделі келтірілген;

- тесікті құралмен өңдеу кезіндегі динамикалық үрдістерді бейнелейтін, жүйенің негізгі массалық-геометриялық режимдік параметрлерін есептеуді теориялық деңгейде жүргізуге мүмкіндік беретін математикалық моделдер жасалған;

- технологиялық факторлардың тесік бетінің сапалық параметрлерімен байланысын сипаттайтын эмпирикалық формулалар жасалып пайдалануға ұсынылған.

Негізгі құрылымдылық, технологиялық және техникалық-пайдалану сипаттамалары. Ұсынылған әдістеме тетіктердің диаметріне қажетті дәлдік

кавалитеті мен өңдеу үшін әдіпке сәйкес тесіктерді өңдеуге қажетті көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғының құрылымдылық және геометриялық параметрлерін есептеп анықтауға мүмкіндік береді. Тесіктерді өңдеу үшін көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғының негізгі параметрлері төмінгідей:

- бұрғының диаметрі, d , мм	13,5	19,5	29,5
- жоңқа бунақтардың еңкеу бұрышы, ω , градус	25 – 30 дейін		
- ұш алдындағы бұрышы, 2φ , градус	80 – 150		
- ұш алдындағы қайырмалы бұрышы, 2φ , градус	80 – 150		
- бунақтың ені, b_k , мм	0,5	0,75	1,0
- бунақтың ұзындығы, l_k , мм	3	4	5
- алдыңғы бұрыш, γ , градус	15 – 18 дейін		
- артқы бұрыш, α , градус	6	8	10

Енгізілу деңгейі. «Format Mach Company» ЖШС-те үш түрлі өлшемдер (13,5мм, 19,5мм и 29,5мм) бойынша көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғының тәжірибелік үлгілері жасалынды. Олар «Завод нестандартизированого оборудования» ЖШС-та сыналды.

Ғылыми-зерттеу жұмысының ендіру қорытындылары. «Кесу теориясы», «Металкескіш құрал», «Метал кескіш құралдарды жобалау мен жасау», «Машиналарды жасап шығару» пәндері бойынша дәріс материалын оқыған кезінде, зертханалық және тәжірибелік сабақтарды өткізу кезінде оқу үрдісіне енгізілгендігі туралы акты (2009 ж. 18 қарашаның № 4 хаттама) бар.

Қолдану саласы. Көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғыны тұтас материалда диаметрі 80 мм дейін тесіктерді бұрғылап тесу үшін және дәлдігі 11 квалитет, беттің кедір-бұдырлығы Rz 10...40 мкм алу үшін пайдалануға ұсынылады.

Жұмыстың маңызы. Көлденең жиексіз жаңа екіұшты спираль бұрғымен тесіктерді бұрғылау кезінде кесу сапасының геометриясы мен жоңқаның қалыптасуы туралы «Кесу теориясы» ғылымының фундаментальдық ережесіне стандартты бұрғының көлденең жиегінің геометриясының қарсыласуын жойып шағаратын тесіктерді спираль бұрғымен бұрғылау үшін шарттар жасалынды.

Зерттеу нысанының дамуы туралы болжамдық көзқарастар. Көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғыны қолдану, оны қайрауын жетілдіру, жылу шығару құбылыстарын, қатты қорытпалы тілімшелермен әбзелдеуін дамыту және зерттеу. Көлденең жиексіз екіұшты спираль бұрғының ҚР Мемлекеттік стандартын дайындап бекітуге ұсыну.

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2010

Improved handling of holes with the development of new design drills

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

S U M M A R Y

The object of study. Bimodal auger without transverse edge processing cylindrical holes.

Objective. Improved drilling holes in cars in a new way of processing with the development of a new tool - bimodal spiral drills without transverse edge, increasing quality of treatment

The methods of work. We used the theoretical and experimental research methods. Theoretical studies conducted using the basic fundamental of the theory of cutting of the cutting wedge and its geometry, mechanics, strength of materials. When conducting experimental research methods employed experimental design, mathematical statistics and theory of optimization parameters.

The results of the work. The results are as follows:

- Method of chipping and shaping drill without transverse edges to create favorable conditions for cutting and alignment of cutting forces on the cutting edge when drilling holes;

- Presents a new design bimodal spiral drills without transverse edges for drilling and succession of the cutting part, in accordance with the fundamental position of Scientific "Theories cutting" of the geometry of the cutting wedge for cutting metal;

- The theoretical geometrical model for the determination of the forces in the cutting zone, the optimum position of the two peaks in the radial and axial directions of the drills, the structural and geometric parameters of cutting part of the bimodal spiral drills without transverse edge;

- To develop mathematical models describing the dynamic processes in the processing aperture tool to allow a theoretical calculation of the basic parameters of the system;

- Derived empirical formula describing the effect of technological factors on the parameters of quality of surface holes.

Basic design, technological, technical and operational characteristics. The

technique developed allows one to calculate structural and geometric parameters of bimodal spiral drills without transverse edges for processing holes depending on the diameter, the desired quality class of precision holes and machining allowances. Basic bimodal spiral drills without transverse edge processing holes are as follows:

- diameter drill, d , mm	13,5	19,5	29,5
- angle of helical chip grooves, ω , degree	to 25 – 30		
- apex angle, 2φ , degree	80 – 150		
- reverse angle at, 2φ , degree	80 – 150		
- width of the groove, b_k , mm	0,5	0,75	1,0
- length of the groove, l_k , mm	3	4	5
- front corner, γ , degree	to 15 – 18		
- clearance, α , degree	6	8	10

Degree of implementation. Prototypes of bimodal spiral drills without a transverse edge three sizes with diameters 13,5 mm 19,5 mm and 29,5 mm, tested at LLP Factory nonstandard equipment.

Results of the implementation of research. The act of introducing into the learning process (protocol number 4, from 18.11.2009) When reading the lecture material, laboratory and practical lessons on discipline "Design and manufacture of cutting tools", "Theory of Cutting", "Metal cutting tools", "Machinery".

Scope. We recommend using bimodal auger without transverse edges for drilling holes in solid material with a diameter of 80 mm 11 (eleventh), quality class accuracy with a surface roughness Rz 10 ... 40 mkm.

Importance of work. Is developed conditions for drilling auger, eliminating the contradiction geometry of the transverse edges of the standard drill fundamental tenet of science "Theory of Cutting" about the geometry of the cutting wedge and the formation of chips when drilling new ancipital auger without a transverse edge.

Estimation of development of the object of research. Development and application of research, improvement of grinding, the phenomena of heat generation and equipment plates bimodal carbide twist drill without transverse edge. Preparation of proposals for the introduction of national standard of Kazakhstan at the bimodal auger without transverse edge.

Republic of Kazakhstan

Almaty, 2010