

На правах рукописи

Баканов Александр Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СБОРНЫХ СВЕРЛ
СО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ ПРИ
СВЕРЛЕНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ**

Специальность 05.03.01 – Технологии и оборудование механической
и физико-технической обработки

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Томский политехнический университет»

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Петрушин
Сергей Иванович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Артамонов
Евгений Владимирович,
Тюменский государственный
нефтегазовый университет

кандидат технических наук,
доцент Ласуков
Александр Александрович,
Юргинский технологический институт
(филиал) Томского политехнического
университета

Ведущая организация:

Сибирский государственный
университет путей
сообщения (СГУПС)

Защита состоится «7» ноября 2007 г. в __ часов на заседании диссертационного Совета Д 212.269.01 при Томском политехническом университете по адресу: 634050, г.Томск, пр.Ленина,30

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета по адресу: г.Томск, ул.Белинского, 53-а

Автореферат разослан « » _____ 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Т.Г. Костюченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В связи с введением в действие нового стандарта ГОСТ Р 51685-2000 «Рельсы железнодорожные» (общие технические условия), взамен ГОСТ 24182-80 (СТ СЭВ 4983-85) «Рельсы железнодорожные широкой колеи типов Р75, Р65 и Р50 из мартеновской стали» (технические условия), металлургические комбинаты Российской Федерации стали выпускать объемно-закаленные рельсы (твердость шейки которых достигает 388 НВ по сравнению с 280 НВ для нетермоупрочненных рельсов). Это привело к невозможности использования быстрорежущих инструментов для их сверления и к переходу на использование сборных сверл с механическим креплением сменных многогранных пластин (СМП) из твердого сплава. Первые результаты использования такого вида инструмента показали его низкую работоспособность, поиск путей повышения которой исходя из изложенного является актуальной задачей.

Цель работы. Повышение работоспособности сборных сверл с СМП при сверлении железнодорожных рельсов путем оптимизации геометрических параметров СМП и усовершенствования конструкции корпуса сверла по критерию минимизации составляющих силы резания, действующих на сверло.

Методы исследования, достоверность и обоснованность результатов. Теоретические исследования проводились на основе векторного исчисления, математического анализа, статистических расчетов, программирования и компьютерного моделирования с использованием современного программного обеспечения и средств вычислительной техники. Экспериментальные исследования выполнялись в лабораторных условиях по схеме однофакторного эксперимента (метод «крест» со сглаженной кривой) и включали в себя изучение изменения составляющих силы резания при изменении геометрических параметров и скорости резания по схеме свободного резания, а также стойкостные исследования при сверлении на станках как с жесткой, так и нежесткой технологической системой. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается экспериментальными данными и производственными испытаниями.

Научная новизна работы:

1. Разработаны модели составляющих силы резания при сверлении сборными сверлами с СМП, основанные на суммировании удельных сил, действующих на единицу длины режущей кромки пластины, позволившие выявить значительную неуравновешенность радиальной составляющей силы резания.

2. Установлено неблагоприятное сочетание значений углов лезвия на центральной пластине вблизи оси сверла на основании проведенного анализа геометрии с помощью предложенной методики расчета статических и кинематических геометрических параметров лезвия сборного сверла с СМП.

3. Предложено пять способов усовершенствования конструкции корпуса сверла и геометрических параметров СМП с целью минимизации радиальной

составляющей и суммарной силы резания, действующей на сверло на основе разработанной методики анализа составляющих силы резания.

Практическая ценность работы:

1. Создана методика расчета геометрических параметров сборных сверл, позволяющая проектировать как СМП, так и корпус сверла с заданной геометрией.

2. Спроектированы СМП, форма режущих кромок которых позволяет уменьшить диапазон изменения суммарной силы резания в процессе врезания.

3. Спроектированы конструкции корпусов сборных сверл, позволяющие минимизировать силу резания при сверлении.

Реализация результатов работы. Результаты работы внедрены на ООО «ПК Мион» и РСП-29. На разработанную форму сменной многогранной пластины подана заявка на патент на полезную модель (заявка №2007114349, заявл. 16.04.2007).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на научной конференции Российской Академии Естествознания «Наука, технологии, инновации» – Болгария, Солнечный Берег (2006 г.); на научной конференции Российской Академии Естествознания «Приоритетные направления науки, техники и технологий» – Мальта, г.Аура (2006 г.); на IV научной конференции Российской Академии Естествознания «Производственные технологии» – Италия, г.Римини (2006 г.); на 5-й всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в машиностроении» – г.Бийск (2006 г.); на XIII международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» – г.Томск (2007 г.); на 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе» – г.Новосибирск (2007 г.); на III международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения» – г.Томск (2006 г.); на III международной научно-технической конференции «Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении» – г.Тюмень (2005 г.); на III всероссийской научно-практической конференции «Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении» – г.Юрга (2005 г.); на V всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновационные технологии и экономика в машиностроении» – г.Юрга (2007 г.); на научных семинарах кафедр «Технология автоматизированного машиностроительного производства» ТПУ (2006, 2007 гг.), «Станки и инструменты» ТюмГНГУ (2007 г.), «Технология машиностроения» Юргинского технологического института (филиала) ТПУ (2005, 2007 гг.).

Публикации. По содержанию работы и основным результатам исследований опубликовано 12 печатных работ.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка литературы и приложений. Основное содержание работы изложено на 171 странице и содержит 108 рисунков, 36 таблиц и список литературы, состоящий из 107 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена актуальность темы и представлено краткое содержание диссертации. Сформулированы цель, научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе приведен анализ типовых конструкций сборных сверл с СМП мировых фирм-изготовителей, который показал, что существует большое разнообразие конструкций, в то же время перед потребителем встает вопрос об эксплуатационных показателях той или иной конструкции, который слабо отражен в существующих каталогах на сборный инструмент.

Как таковой анализ геометрических параметров сборных сверл с СМП в литературе отсутствует. Работы А.А. Виноградова, И.И. Семенченко, В.М. Матюшина, Г.Н. Сахарова, Н.Ф. Уткина, Ю.И. Кижняева, С.К. Плужникова, В.Ф. Боброва и других исследователей посвящены анализу геометрии режущей части спиральных перетачиваемых сверл, а ряд работ С.И. Петрушина, С.В. Грубого – анализу геометрических параметров резцов с СМП в зависимости от углов ориентации.

Методика расчета составляющих силы резания при сверлении симметрично заточенным сверлом предложена А.А. Виноградовым. Она позволяет определять составляющие силы резания на основе геометрических параметров срезаемого слоя и физико-механических свойств обрабатываемого материала. Сложность использования данной методики для определения составляющих силы резания при сверлении сборными сверлами с СМП заключается в том, что необходимо знать физико-механические свойства обрабатываемого материала, усадку стружки (или угол наклона условной плоскости сдвига) и геометрические параметры в каждой точке режущей кромки сменной многогранной пластины.

Исходя из аналитического обзора литературы были сформулированы следующие задачи работы:

1. Разработать метод расчета геометрических параметров сборных сверл с СМП;
2. Разработать методику приближенной оценки технологических составляющих силы резания, действующих на сверло в процессе сверления;
3. Экспериментально исследовать силу резания при обработке закаленной стали;
4. Рассчитать силы, действующие на сверло в процессе врезания и установившегося резания;
5. На основе анализа полученных результатов предложить варианты усовершенствования конструкции сборных сверл с механическим креплением СМП;
6. Провести сравнительное экспериментальное исследование эксплуатационных свойств базовой и предложенных конструкций сборных сверл с механическим креплением СМП.

Решение указанных задач осуществлялось путем проведения теоретических и экспериментальных исследований, конструкторских разработок и внедрения их в производство.

Во второй главе изложена предлагаемая методика определения статических геометрических параметров в произвольной точке лезвия инструмента. Задаваясь геометрией СМП и двумя углами ее ориентации в корпусе сверла: γ_x и γ_y (рис.1), рассчитываются геометрические параметры лезвия в произвольной точке его режущей кромки: α_c , γ_c , λ_c , φ_c (рис.2):

Профильный угол ориентации СМП в т.О
$$\sin \gamma_y^O = \frac{c}{r_u} \quad (1)$$

Профильный угол ориентации СМП в произвольной т.А
$$\sin \gamma_y^A = \frac{r_u}{r_A} \cdot \sin \gamma_y^O \quad (2)$$

Статический угол в плане в т.А
$$\operatorname{tg} \varphi_c^A = -\frac{\sin \gamma_x \cdot \sin \gamma_y^A + \operatorname{tg} \varphi_u^A \cdot \cos \gamma_y^A}{\cos \gamma_x} \quad (3)$$

Статический угол наклона режущей кромки в т.А
$$\sin \lambda_c^A = \sin \varphi_H^A \cdot \sin \gamma_y^A - \cos \varphi_H^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A \quad (4)$$

Статический передний угол в т.А
$$\sin \gamma_c^A = -\cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A - \sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A \quad (5)$$

Статический задний угол в т.А
$$\begin{aligned} \sin \alpha_c^A = & \cos \alpha_H^A \cdot (\sin \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A + \\ & + \cos \varphi_u^A \cdot \sin \gamma_y^A) + \sin \alpha_H^A \cdot \cos \gamma_x \cdot \cos \gamma_y^A \end{aligned} \quad (6)$$

где c – расстояние от вершины СМП до диаметральной плоскости,
 r_u – радиус инструмента,
 r_A – величина радиуса т.А,

По данной методике рассчитаны статические геометрические параметры базовой конструкции сборного сверла с СМП, выпускаемого отечественными инструментальными заводами (рис.3, 4). Из графиков (рис.5) видно, что периферийная пластина работает в более благоприятных условиях по сравнению с центральной, на которой геометрические параметры, особенно в области, близкой к оси сверла, принимают критические для работоспособности значения.

Определено, что для условий, в которых работает базовая конструкция сверла с СМП на рельсосверлильной машине ($S_m=32$ мм/мин, $n=360$ об/мин), влияние кинематической составляющей на геометрические параметры незначительно. Но для других сочетаний значений скорости резания и подачи, это влияние может быть значительно.

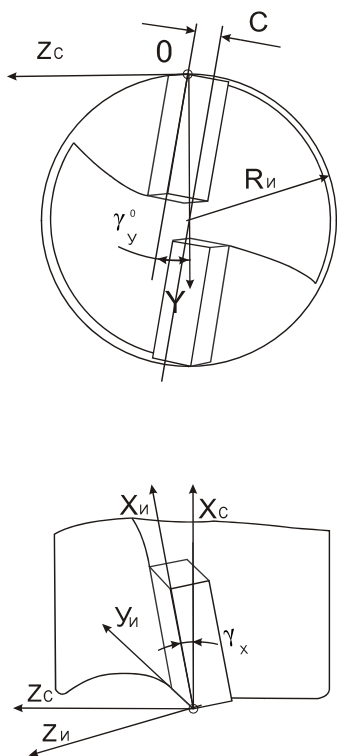


Рис.1 Фронтальный γ_x и профильный γ_y углы ориентации СМП в корпусе сверла

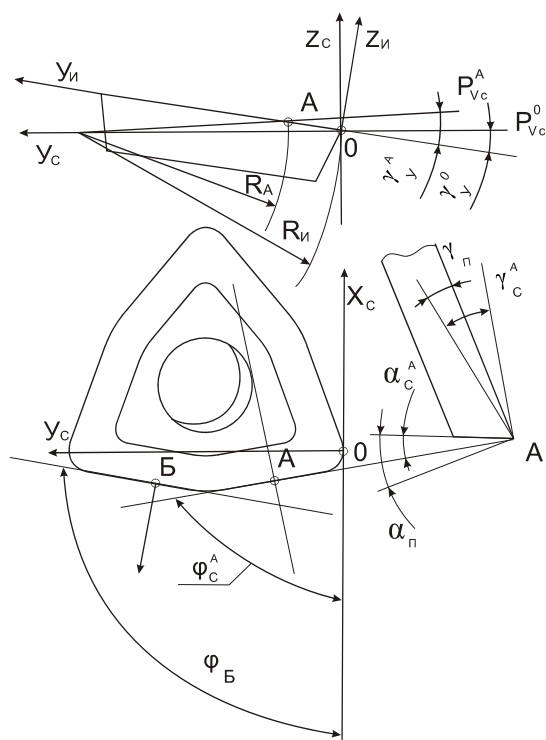


Рис.2 Статические геометрические параметры в точке А



Рис.3 Общий вид сверла

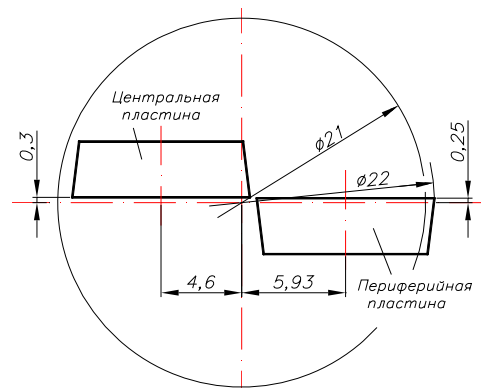
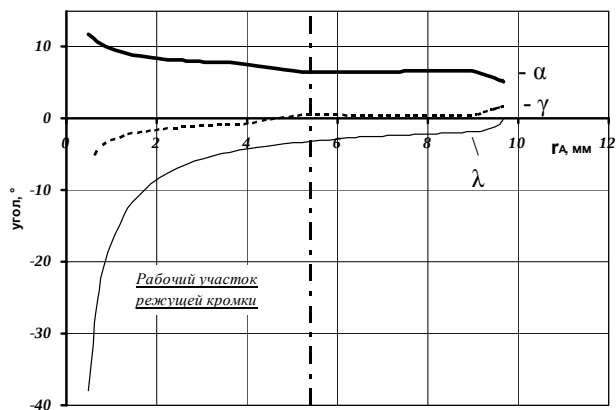
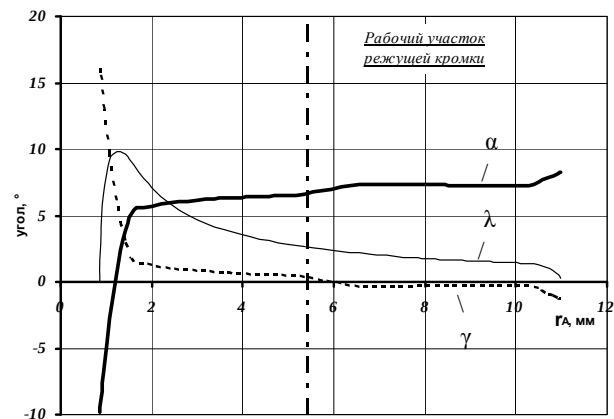


Рис.4 Расположение СМП в корпусе сверла



а)



б)

Рис.5 Изменение статических геометрических параметров по длине режущей кромки: а) центральная пластина, б) периферийная пластина.

Для выяснения причин низкой работоспособности базовой конструкции сверла, необходимо было также определить нагрузки, воспринимаемые каждой пластиной. Для этого разработана методика расчета составляющих силы резания P_z и P_y , основанная на суммировании удельных сил, действующих на единицу длины режущей кромки пластины по формулам:

$$P_z = \sum_{i=1}^n P_{yi} \cos \varphi_{Hi} \cdot \sin \gamma_{yi} - P_{zi} \cdot \cos \gamma_{yi}; \quad P_y = \sum_{i=1}^n P_{yi} \cos \varphi_{Hi} \cdot \cos \gamma_{yi} + P_{zi} \cdot \sin \gamma_{yi}, \quad (7)$$

где P_{yi} , P_{zi} – соответственно радиальная и тангенциальная составляющая силы резания в инструментальных координатах, приходящаяся на единицу длины режущей кромки.

В методике принимается, что независимо от геометрии элементарного участка режущей кромки СМП в окрестности произвольной точки А (рис.6) справедлива схема свободного резания. Тогда этот участок будет нагружен элементарными составляющими силы резания P_{zi} и P_{yi} , которые определяются с учетом геометрических параметров элементарного участка, а абсолютная величина определяется по экспериментальным данным для протягивания, полученные проф. Д.К. Маргулисом. Данная методика позволяет производить предварительный анализ составляющих силы резания при сверлении, результаты которого для базовой конструкции сверла представлены на рис.7.

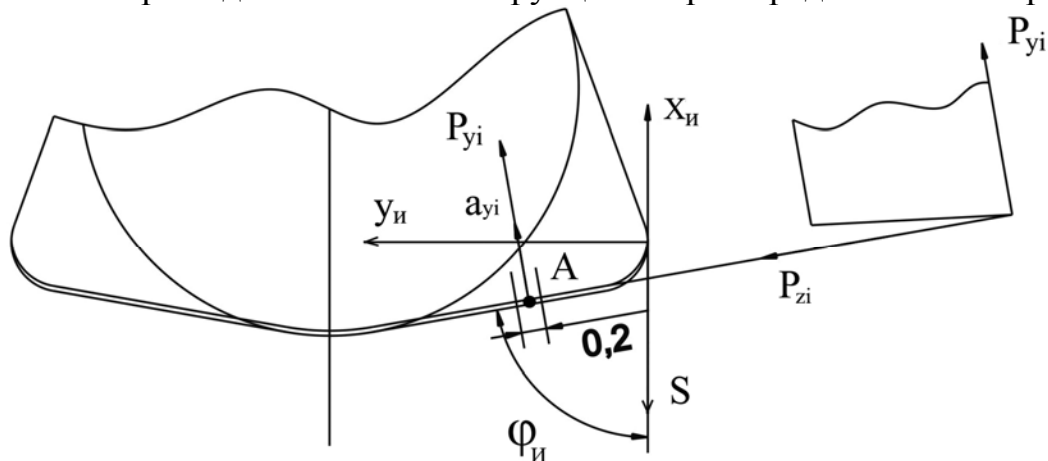


Рис.6 Схема разбиения режущей кромки пластины для определения элементарных составляющих силы резания

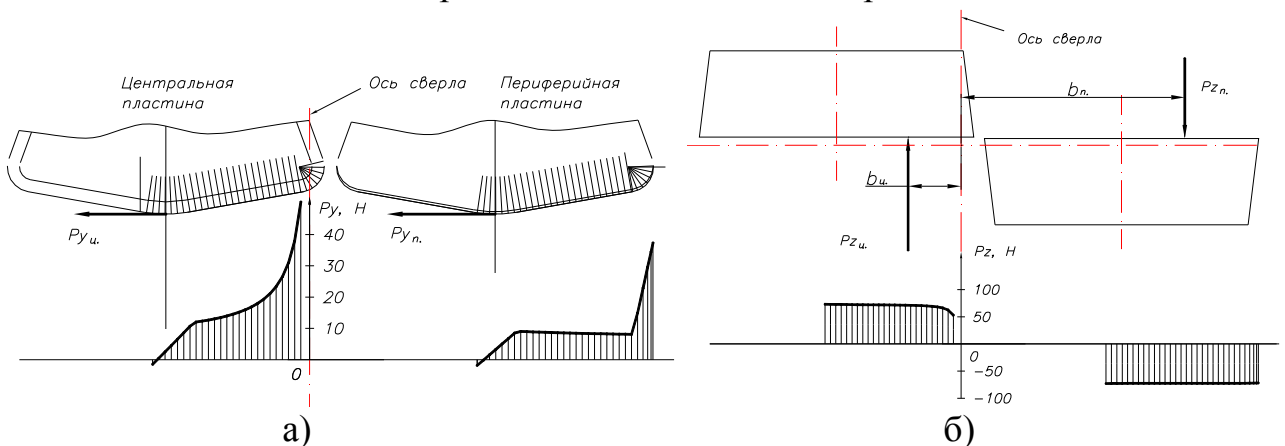


Рис.7 Эпюры распределения составляющих силы резания по длине рабочих участков режущих кромок пластин: а) P_y , б) P_z .

В результате анализа эпюр распределения составляющих силы резания выявлена специфика рассматриваемого сверла, заключающаяся в сложении радиальных составляющих силы резания от каждой из пластин (рис.7.а), а не в их взаимной компенсации, как на цельных сверлах. На сверло также действует неуравновешенный момент, возникающий от тангенциальных составляющих силы резания P_z каждой из пластин (рис.7.б).

В третьей главе изложена методика экспериментальных исследований для более точного определения составляющих силы резания, действующих на сверло, которые включали в себя измерение технологических составляющих силы резания при точении закаленной стали инструментом с независимым изменением геометрических параметров, диапазон которых определен по данным первой главы. Приведено также описание применявшейся экспериментальной установки.

В качестве обрабатываемого материала использовались заготовки из стали 40Х твердостью 39 HRC₂. Эксперименты проводились по схеме свободного резания (рис.8) сборными резцами с механическим креплением СМП из твердого сплава марки МС 146 М (аналогичного сплаву, применяющемуся на базовой конструкции сверла). Исследовалось влияние углов α , γ , λ и скорости резания на составляющие силы резания P_y и P_z .

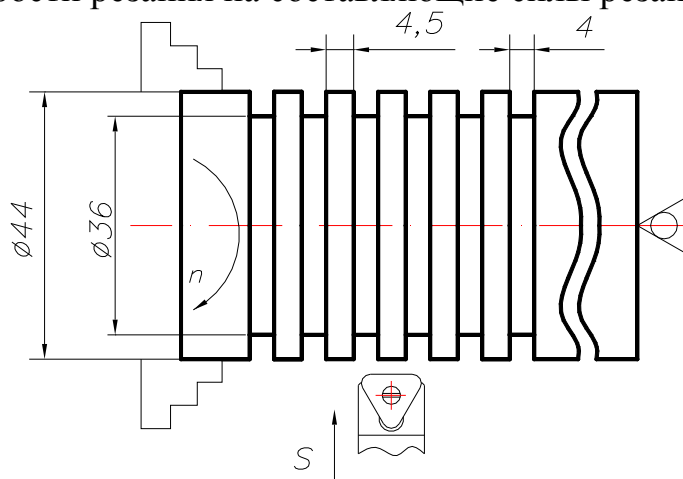


Рис.8 Схема проведения эксперимента по свободному резанию

По результатам анализа погрешности аппроксимации экспериментальных данных (рис.9), в качестве метода проведения эксперимента был выбран метод «крест» со сглаженной кривой, как дающий удовлетворительные значения погрешности при небольшом количестве экспериментов. Для этого метода разработана программа на языке программирования Delphi, позволяющая строить сглаженную кривую по экспериментальным точкам и определять требуемые промежуточные значения. Интерфейс этой программы адаптирован для работы в Windows.

По результатам проведенных экспериментов построены эпюры распределения составляющих силы резания (рис.10), которые по характеру совпадают с эпюрами, полученными по данным Д.К. Маргулиса.

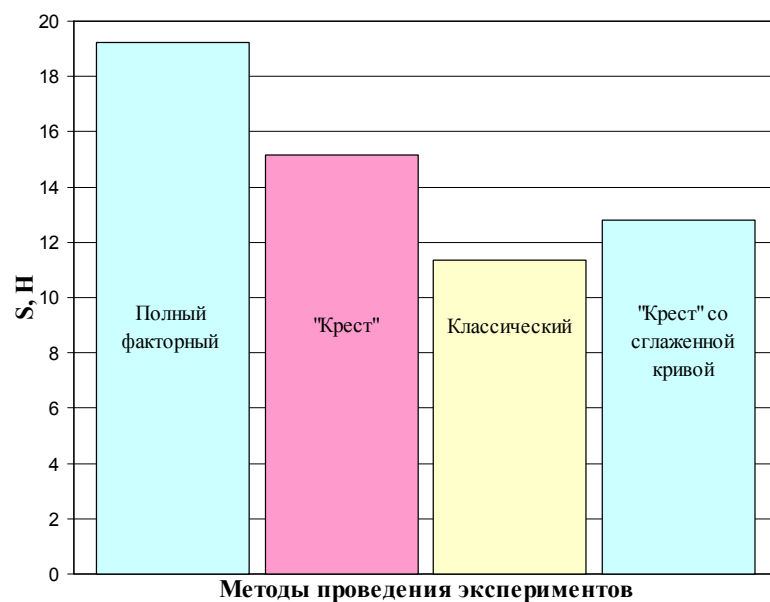


Рис.9 Влияние метода проведения экспериментов на среднеквадратическое отклонение расчетных значений силы резания от экспериментальных.

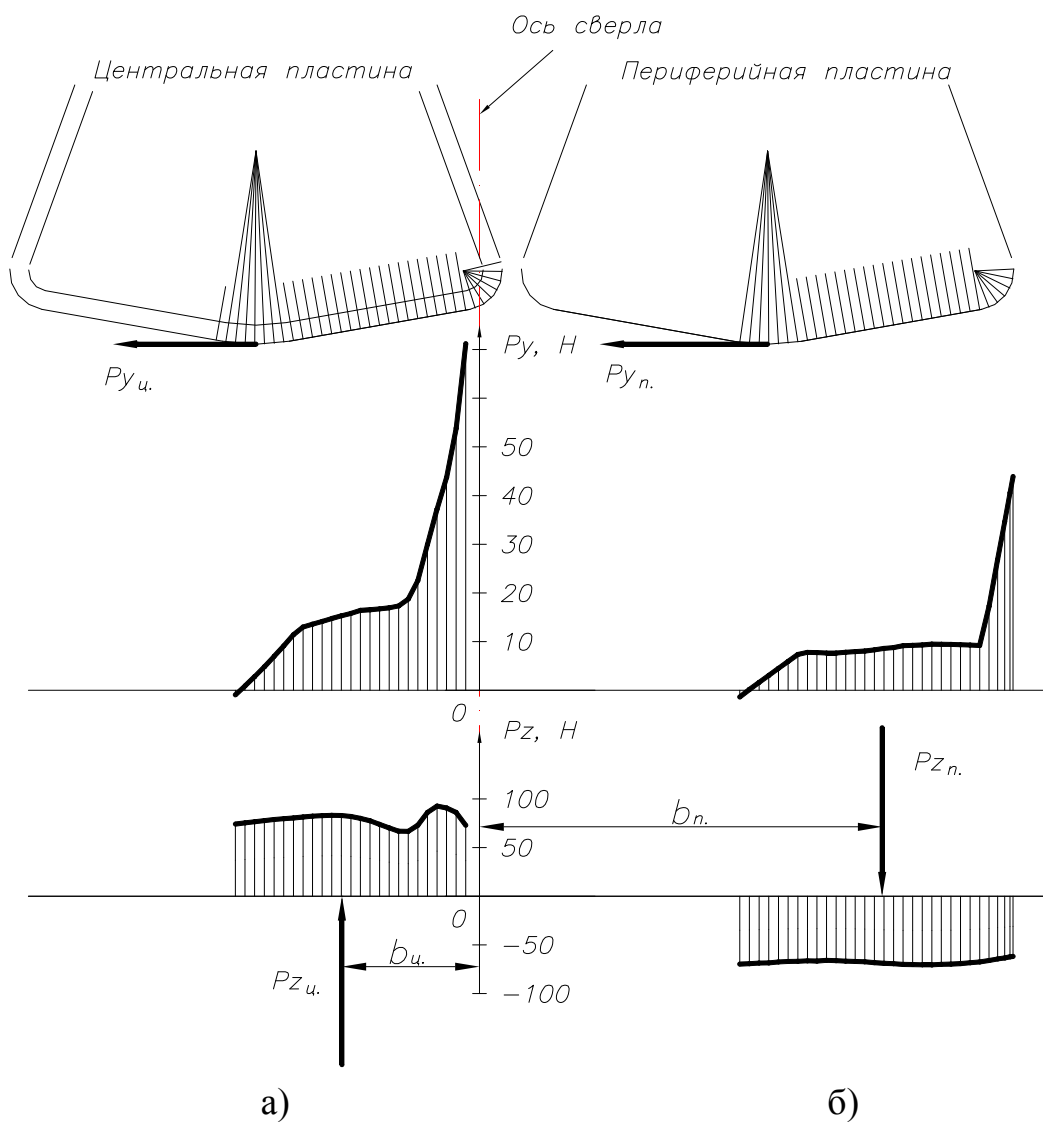


Рис.10 Эпюры распределения составляющих силы резания P_z и P_y на а) центральной; б) периферийной пластине.

В четвертой главе предложены способы повышения работоспособности сборных сверл:

а) Изменение геометрических параметров СМП с целью уравнивания радиальной составляющей P_y за счет тангенциальной P_z на каждой пластине;

б) Взаимное выдвижение пластин вдоль оси сверла с целью взаимного уравнивания тангенциальных составляющих от обеих пластин;

в) Изменение положения передней поверхности пластин относительно диаметральной плоскости для уменьшения технологических составляющих силы резания;

г) Взаимный разворот пластин на угол ψ для уменьшения суммарной радиальной силы резания на сверле;

д) Комбинация предложенных способов с целью уменьшения суммарной радиальной силы резания на сверле как в процессе врезания, так и при установившемся резании.

Первый способ заключается в изменении геометрических параметров СМП с целью уравнивания радиальной составляющей силы резания P_y за счет тангенциальной P_z на каждой пластине как в процессе врезания, так и при установившемся резании. Для этого на элементарном участке режущей кромки пластины (рис.11) формируется угол λ таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$\lambda_{\Pi i} = -\frac{1}{2} \cdot \arcsin \frac{2 \cdot P_{yi}}{P_{zi}} \quad (8)$$

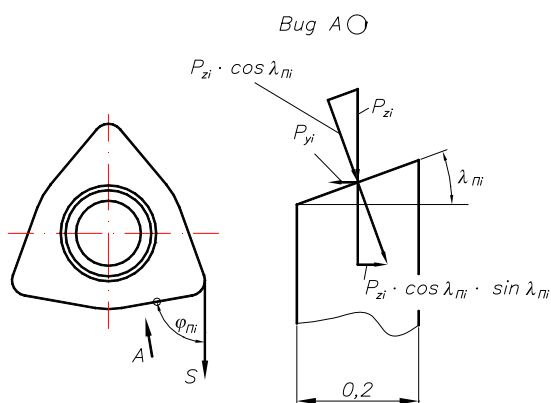


Рис.11 Расчетная схема для периферийной пластины

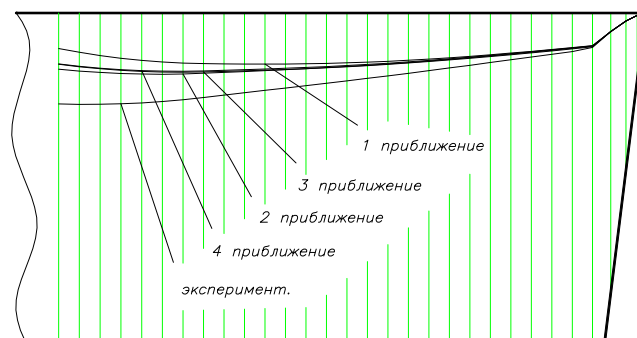


Рис.12 Расчет профиля режущей кромки периферийной пластины

Сложность получения этих кривых заключается в том, что при изменении формы передней поверхности меняются геометрические параметры и, следовательно, составляющие силы резания. В связи с этим после каждого изменения геометрических параметров необходимо пересчитывать составляющие силы резания, после чего определять геометрические параметры пластины. Эти действия продолжаются до тех пор, пока отклонение

предыдущего профиля от последующего не будет превышать параметра точности, закладываемого при построении профиля.

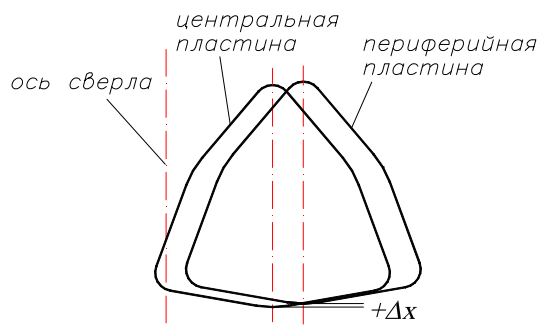
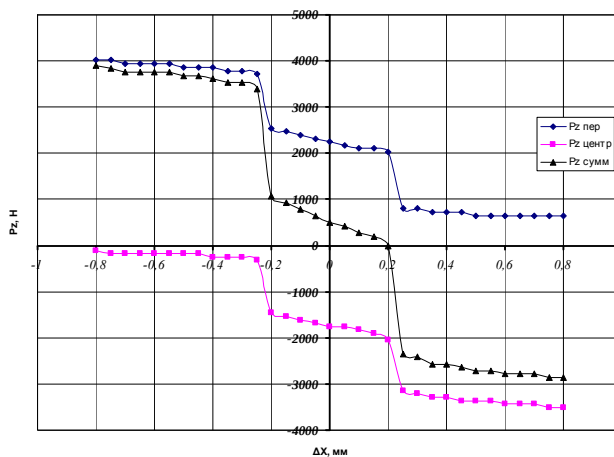


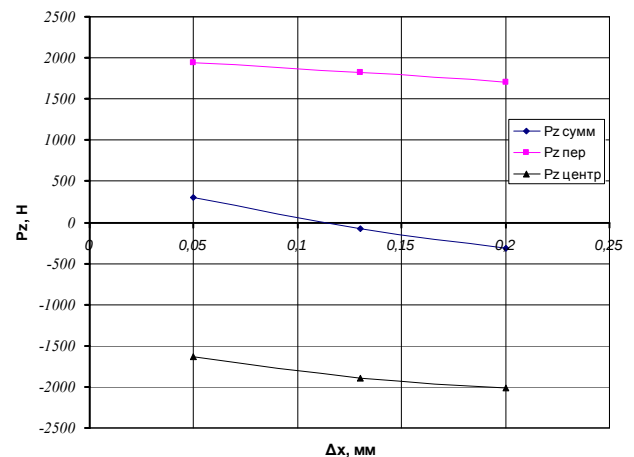
Рис.13 Взаимное выдвигание пластин вдоль оси X (рис.14.б) и составляет 0,12 мм для базовой конструкции сверла.

Второй способ заключается в уменьшении суммарной составляющей силы резания P_z от обеих пластин в зависимости от их взаимного выдвигения вдоль оси X (рис.13). Как видно из рис.14.а, существует значение ΔX , при котором суммарная тангенциальная составляющая силы резания равна нулю. Это значение уточнено по результатам эксперимента

Третий способ заключается в изменении радиальной составляющей силы резания в зависимости от положения передней поверхности СМП относительно диаметральной плоскости сверла s (рис.15). Как видно из графиков, для центральной пластины существуют значения s , при которых P_y меняет знак, а следовательно, P_y центральной пластины начинает компенсировать P_y периферийной.



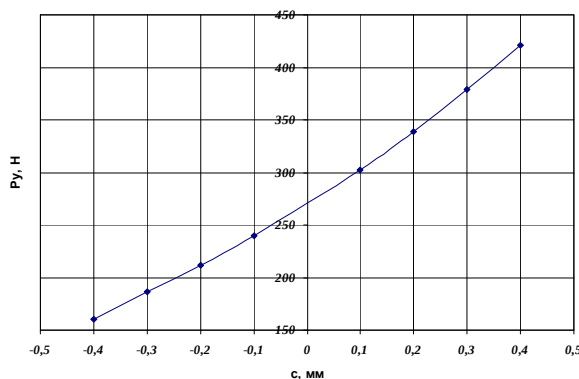
а)



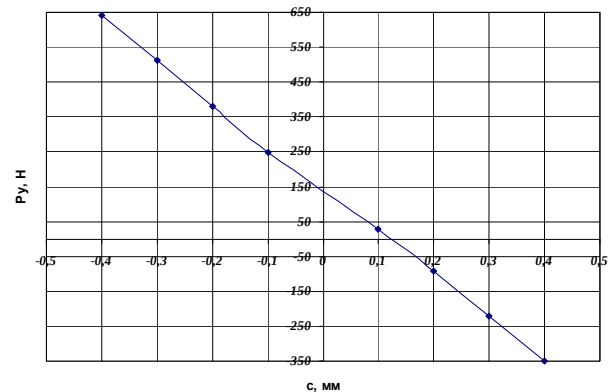
б)

Рис.14 Влияние Δx на тангенциальную составляющую силы резания:

а) по данным Д.К. Маргулиса; б) по результатам эксперимента



а)



б)

Рис.15 Изменение составляющей силы резания P_y в зависимости от величины s :

а) периферийная пластина; б) центральная пластина

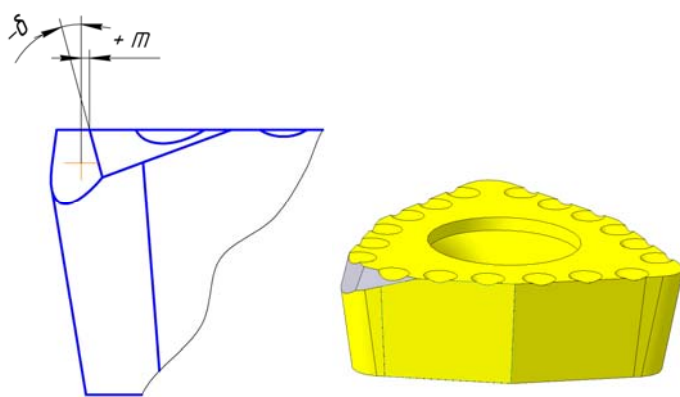


Рис.16 Параметры фаски на центральной СМП и их знаки

Однако значения c , при которых P_y центральной пластины полностью компенсирует P_y периферийной, не позволяют получить гарантированный центральный стержень. Для этого необходимо на центральной пластине дополнительно выполнять упрочняющую фаску (рис.16). В работе рассмотрено влияние параметров фаски на размеры

центрального стержня. По результатам анализа определены следующие параметры фаски: $\delta=15^\circ$, $m=0,135$ мм. При этом диаметр получаемого центрального стержня будет минимальным, а высота максимальной.

Четвертый способ заключается в уменьшении суммарной силы резания (суммируются составляющие по осям y и z) за счет взаимного угла разворота пластин ψ (рис.17).

Суммарная сила резания в диаметральной плоскости равна:

$$(P_{yz}^\Sigma)^2 = (P_y^\Sigma)^2 + (P_z^\Sigma)^2, \quad \text{где} \quad \begin{aligned} P_y^\Sigma &= P_y^I - P_z^I \cdot \sin \psi + P_y^I \cdot \cos \psi; \\ P_z^\Sigma &= P_z^I - P_z^I \cdot \cos \psi - P_y^I \cdot \sin \psi; \end{aligned} \quad (9)$$

Она будет минимальной при таком значении угла ψ (рис.18), при котором $\frac{dP_{yz}^\Sigma}{d\psi} = 0$, т.е.

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_z^I \cdot P_y^I + P_y^I \cdot P_z^I}{P_z^I \cdot P_z^I - P_y^I \cdot P_y^I} \quad (10)$$

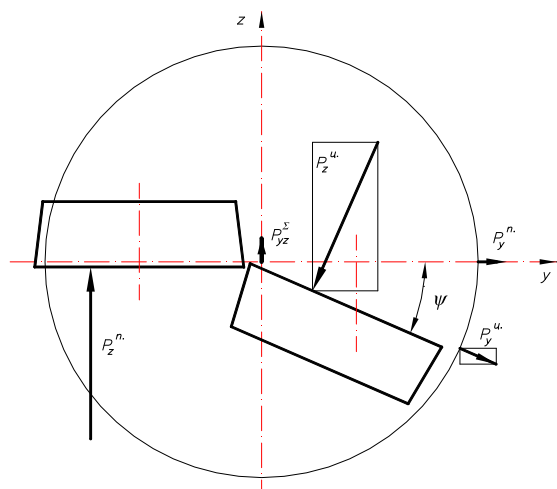


Рис.17 Взаимный разворот пластин для минимизации суммарной силы резания

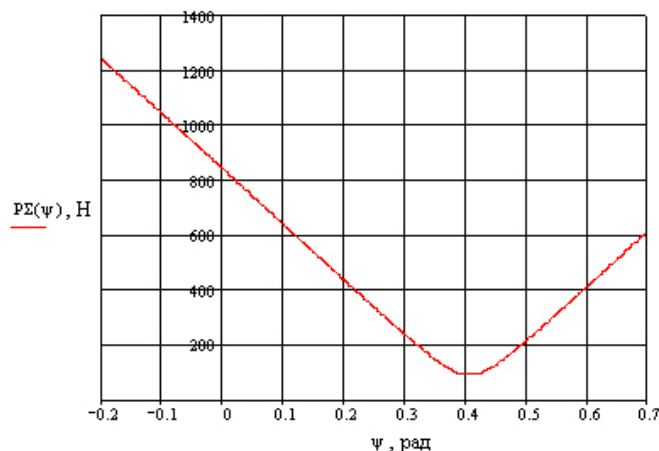


Рис.18 Зависимость суммарной силы резания от взаимного угла разворота СМП

На основе данной методики установлено, что для базовой конструкции сверла взаимный угол разворота пластин $\psi=23^{\circ}12'$ позволяет уменьшить суммарную силу резания с $P_{yz}^{\Sigma}=840\text{Н}$ до $P_{yz}^{\Sigma}=90\text{Н}$.

Пятый способ заключается в уменьшении суммарной силы резания, действующей на сверло как в процессе врезания, так и при установившемся процессе резания. Для этого на участках (рис.20), работающих неодновременно: A_1 и A_2 , уменьшение суммарной силы резания производится за счет взаимного разворота пластин на угол ψ , который определяется из условия $\frac{dP_{yz}^{\Sigma}}{d\psi}=0$, а на участках, работающих одновременно: B_1 и B_2 – за счет изменения формы передней поверхности СМП (поворот элементарного участка на угол $\lambda_{\Pi i}$, который определяется из условия $\frac{dP_{yz}^{\Sigma}}{d\lambda_{\Pi i}}=0$).

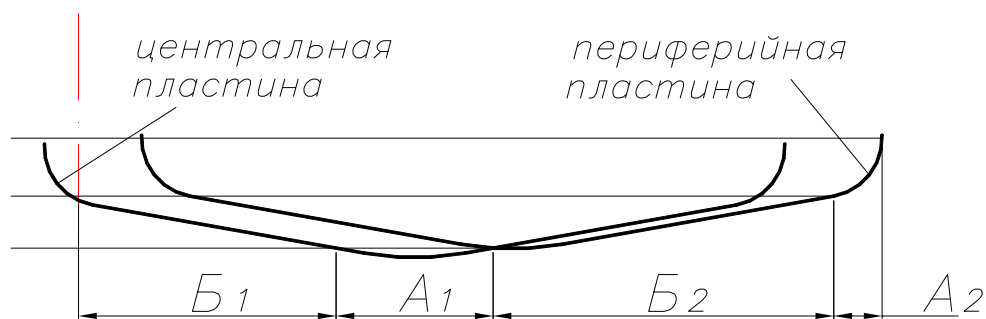


Рис.20 Участки пластин, работающие неодновременно (А) и одновременно (Б)

Полученные по этому способу конструкция корпуса сверла и форма СМП, представлены на рис.21. Результаты изменения суммарной силы резания в процессе врезания, представлены на рис.22. Как следует из них, колебания составляющих силы резания в процессе врезания сверла предложенной конструкции, значительно ниже, чем базовой.

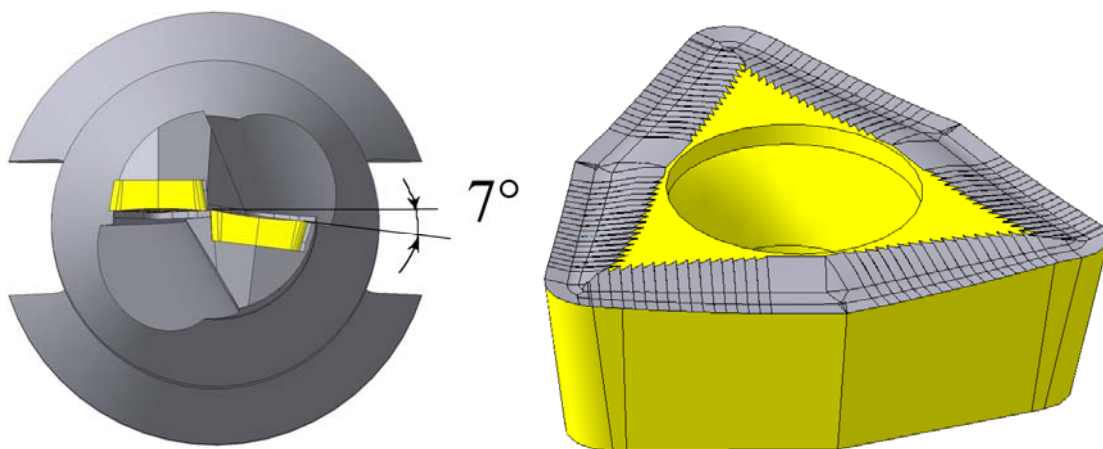
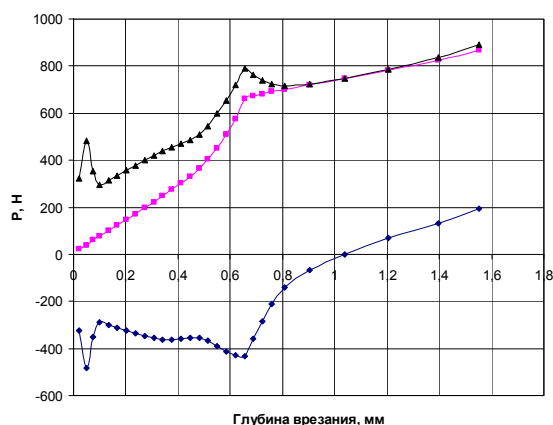
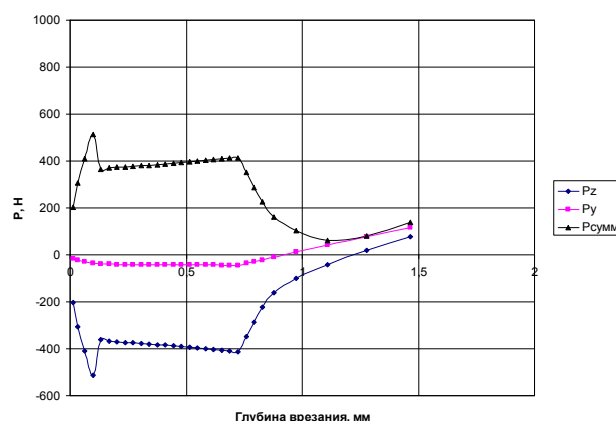


Рис.21 Корпус сверла и форма СМП, обеспечивающие минимальное значение суммарной силы резания как в процессе врезания, так и при установившемся резании



а)



б)

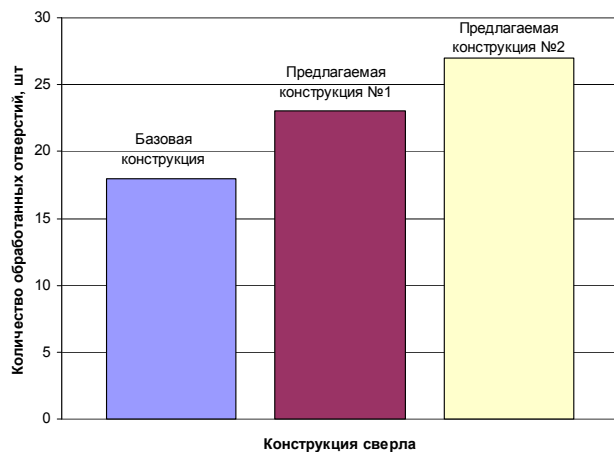
Рис.22 Изменение составляющих силы резания в процессе врезания:
а) сверло базовой конструкции; б) сверло предлагаемой конструкции ($\Delta x=0,12$, $\gamma_{\text{п}}=5^{\circ}\div 10^{\circ}$, обе пластины лежат на оси. Взаимный угол разворота пластин $\psi=7^{\circ}$)

По результатам исследований были изготовлены два варианта конструкций корпуса сверла:

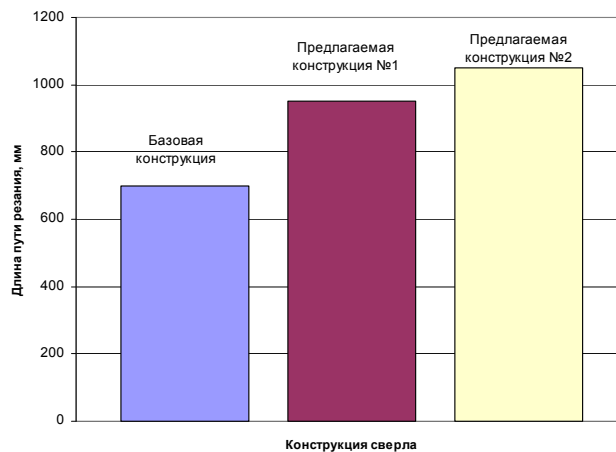
вариант №1: $s=0$, $\Delta x=0,12$ мм, $\psi=12^{\circ}$;

вариант №2: периферийная пластина $s=-0,3$ мм, центральная пластина $s=0,3$ мм, фаска: $\delta=15^{\circ}$, $m=0,13$ мм.

Испытания данных конструкций проводились в производственных условиях на станках с жесткой и нежесткой технологической системой. Результаты производственных испытаний представлены на рис.23.



а)



б)

Рис.23 Результаты производственных испытаний предложенных конструкций:
а) на рельсосверлильной машине СТР-2; б) на токарном станке 1П7562ФЗ

Как видно из результатов производственных испытаний, работоспособность предложенных конструкций выше чем базовой, что подтверждает справедливость теоретических расчетов и проведенных экспериментов

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ

По результатам, полученным в представленной работе, можно сделать следующие выводы:

1. На основе анализа существующих конструкций сборных сверл с механическим креплением сменных многогранных пластин мировых фирм-производителей выявлены основные виды потери работоспособности СМП при обработке твердых материалов: износ по задней поверхности и радиусного участка периферийной пластины и скол радиусного участка центральной пластины, расположенного возле оси сверла.

2. С помощью разработанной методики расчета статических и кинематических геометрических параметров лезвия сборного сверла с СМП, проведен анализ геометрии, который показал неблагоприятные для протекания процесса сверления значения переднего, заднего угла и угла наклона режущей кромки на центральной пластине вблизи оси сверла.

3. Разработана методика расчета составляющих силы резания при сверлении сборными сверлами с СМП, основанная на суммировании удельных сил, действующих на единицу длины режущей кромки пластины. Она позволила выявить значительную неуравновешенность радиальной составляющей силы резания. Установлено, что потеря режущих свойств сборных сверл с СМП вызвана неуравновешенностью радиальной составляющей силы резания. Это подтверждено как теоретическими расчетами, так и экспериментально.

4. На основе анализа составляющих силы резания предложены пять вариантов усовершенствования конструкции корпуса сверла и геометрических параметров СМП с целью минимизации радиальной составляющей и суммарной силы резания, действующей на сверло.

5. Сравнительные экспериментальные исследования эксплуатационных свойств сверл предложенных конструкций и базовой конструкции показали, что работоспособность предлагаемых конструкций выше, чем базовой.

6. Основные результаты работы внедрены на ООО «ПК Мион» (г.Томск) и РСП-29 (ст.Промышленная, Кемеровская обл.). Подтверждено повышение стойкости в среднем на 25-30% больше, чем сверла базовой конструкции. Кроме того, улучшилось качество поверхности получаемых отверстий по параметру шероховатости порядка на 50%.

7. На разработанную форму пластины с компенсацией радиальной составляющей силы резания за счет тангенциальной, подана заявка на патент на полезную модель (заявка №2007114349, заявл. 16.04.2007).

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Баканов А.А. Особенности процесса резания стали модифицированным инструментом // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении. – Тюмень: Феликс, 2005. – С.71-72.

2. Баканов А.А., Брюхов В.В. Механика стружкообразования при резании инструментом с модифицированной поверхностью // Прогрессивные

технологии и экономика в машиностроении: Труды III Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х т. – ЮТИ ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2005. – Т.1. – С.17-20.

3. Баканов А.А. Определение силы резания при сверлении сверлами с СМП // Фундаментальные исследования. 2006. – №6. – С. 49.

4. Баканов А.А. Статические геометрические параметры сверла с СМП // Современные наукоемкие технологии. 2006. – №6. – С. 43.

5. Баканов А.А. Влияние кинематики процесса сверления на значения рабочих углов сверл с СМП // Современные наукоемкие технологии. 2006. – №6. – С. 60.

6. Баканов А.А., Петрушин С.И. Работоспособность сверл с СМП при сверлении железнодорожных рельсов // Современные проблемы машиностроения. Труды III Международной научно-технической конференции. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – С.186-189.

7. Bakanov A.A. Experimental research of cutting force on the modular drill with replaceable multiface plates // The twelfth International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists “Modern Techniques and technologies” (MTT’2007), Tomsk, Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: TPU Press, 2007. – P.42-44.

8. Баканов А.А., Коровин Г.И. Совершенствование конструкции сборного сверла со сменными многогранными пластинами // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2007. – №2 (35). – С. 31-32.

9. Баканов А.А. Поиск оптимальной конструкции сборных сверл со сменными многогранными пластинами при сверлении железнодорожных рельсов // Известия ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2007. – Т. 311. №2. – С. 23-26.

10. Баканов А.А. Выбор методики проведения экспериментов при исследовании силы резания // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: Труды V всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – ЮТИ ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2007. – С. 128-131.

11. Баканов А.А. Анализ геометрических параметров сверла с СМП при сверлении железнодорожных рельсов // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении: Труды 5-й всероссийской научно-практической конференции. – Бийск 2007. – С. 38-39.

12. Петрушин С.И., Баканов А.А., Махов А.В. Геометрический и силовой анализ сборных сверл со сменными многогранными пластинами // Технология машиностроения. – 2007. – №10. – С. 27-30.