

На правах рукописи



Чернышов Михаил Олегович

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СБОРНЫХ СВЕРЛ НА
ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ И
ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩИХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Специальность 05.02.07 – «Технология и оборудование
механической и физико-технической обработки»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Тюмень – 2015

Работа выполнена на кафедре «Станки и инструменты» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

- Научный руководитель** – **Артамонов Евгений Владимирович**
доктор технических наук, профессор
- Официальные оппоненты** – **Попов Андрей Юрьевич**
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Металлорежущие станки и инструменты",
ФГБОУ ВПО ОмГТУ
- **Баканов Александр Александрович**
кандидат технических наук,
директор Института информационных технологий, машиностроения и автотранспорта ФГБОУ КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева
- Ведущая организация** – Юргинский технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ЮТИ НИ ТПУ)

Защита состоится «29» июня 2015 г. в 16.00 на заседании диссертационного совета Д 212.298.06 при Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, ауд. 201а

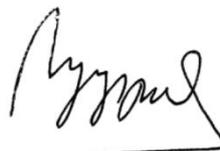
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Южно-Уральского государственного университета.

Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат:

www.susu.ac.ru/ru/dissertation/d-21229806/chernyshov-mihail-olegovich

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



И.А. Щуров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. С целью формирования в России отрасли станко-инструментальной промышленности, конкурентоспособной на внутреннем рынке и восстановления технологической независимости российского машиностроения правительством РФ 15 апреля 2014 года было принято постановление №328 об утверждении государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности».

В настоящее время для обработки отверстий, как правило, используют импортный металлорежущий инструмент фирм: Sandvik Coromant, Mitsubishi, Walter, Iscar и др. В современных условиях импортозамещения невозможно обеспечить хозяйственную деятельность страны без использования оборудования и инструментов отечественного производства.

Таким образом, задача совершенствования конструкций сборных сверл, оснащенных режущими элементами из инструментальных твердых сплавов с целью существенного повышения работоспособности сборных инструментов и прочности их режущих элементов является актуальной.

Целью диссертационной работы является повышение работоспособности сборных сверл путем снижения значений опасных напряжений растяжения σ_1 в режущих лезвиях, на основе исследования напряженного состояния и прочности режущих твердосплавных элементов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

1. Провести анализ литературных источников и патентов по теме диссертационной работы.
2. Разработать метод численного исследования напряженного состояния и прочности сменных режущих элементов сборных сверл на основе конечных элементов.
3. Исследовать влияние форм, схем базирования и крепления сменных режущих элементов сборных сверл на их напряженное состояние (НС) и прочность.
4. Исследовать влияние изменения нагрузки, в условиях радиального биения вспомогательных режущих кромок сменных режущих головок сборных сверл, на напряженное состояние режущего лезвия.
5. Разработать методику выбора или расчета и проектирования сменных режущих твердосплавных элементов и сборных сверл повышенной работоспособности.
6. Разработать новые конструкции высокопрочных сменных режущих твердосплавных элементов сборных сверл повышенной работоспособности.

Методы исследования. Разработан метод численного исследования напряженного состояния и расчета прочности сменных режущих твердосплавных эле-

ментов на основе конечных элементов. Исследования НС и прочности режущих элементов сборных сверл осуществлялись автором с использованием программы «Т-Flex Анализ» с применением конечных элементов. Экспериментальные исследования включали изучение силового нагружения, разрушения и работоспособности режущих твердосплавных элементов сборных инструментов.

Достоверность. Испытания разработанных сборных сверл проводились в лабораторных и производственных условиях на предприятиях машиностроительной и нефтегазовой отрасли. В качестве критерия для оценки работоспособности сборных сверл, использовался путь резания (количество просверленных отверстий). Повышение эффективности механической обработки за счет повышения работоспособности сборных сверл подтверждено результатами производственных испытаний и внедрением разработанных методик на производстве.

Научная новизна работы:

1. Разработан метод численного исследования напряженного состояния и расчета прочности сменных режущих твердосплавных элементов на основе конечных элементов, для обеспечения максимальной работоспособности сборных сверл путем снижения величины опасных напряжений растяжения σ_1 в режущих лезвиях, посредством оптимизации конструктивных параметров.

2. В результате численного исследования напряженно-деформированного состояния и прочности сменных режущих элементов сборных сверл установлено:

- в режущих лезвиях сборных сверл вдоль главной режущей кромки наличие максимальных напряжений растяжения σ_1 , опасных для режущих элементов из инструментальных твердых сплавов;

- в сменных режущих твердосплавных пластинах сборных сверл увеличение угла при вершине ϵ и применение схемы базирования и крепления пластин в угловой паз корпуса инструмента по двум боковым поверхностям так, чтобы одна из них приходилась на вспомогательную режущую кромку, обеспечивает существенное снижение опасных напряжений растяжения σ_1 в режущем лезвии;

- с увеличением радиального биения вспомогательных режущих кромок сменной режущей головки сборного сверла прямо пропорционально растут опасные напряжения растяжения σ_1 в режущих лезвиях, и соответственно, снижается прочность;

- введение в конструкцию головки сверла главной режущей кромки, формируемой из трех и более участков прямых, с различными углами в плане ϕ на каждом участке, которые уменьшаются от центра к периферии, обуславливает снижение величин опасных напряжений растяжения σ_1 , по причине уменьшения зоны контакта периферийной части режущего лезвия с обработанной поверхностью отверстия.

3. Установлено, что по картинам изолиний опасных напряжений растяжения σ_1 определяются границы предельных поверхностей хрупкого разрушения сменных режущих твердосплавных головок сборных сверл, траектории которых хорошо описываются геометрической моделью критерия прочности Писаренко-Лебедева.

Практическая значимость результатов исследования:

1. Разработана методика выбора, расчета и проектирования сменных режущих твердосплавных элементов и сборных сверл повышенной работоспособности;

2. Разработана новая сменная режущая твердосплавная пластина повышенной прочности с увеличенным углом при вершине ϵ , защищенная патентом РФ на изобретение (Пат. № 2531336).

3. Разработана конструкция сборного сверла со сменными режущими пластинами с увеличенным углом при вершине ϵ и схемой базирования пластин в угловой паз, при котором усилие закрепления, совпадает по направлению с результирующей силой резания (Пат. № 2539255).

4. Разработан ранжированный ряд сменных режущих пластин (СРП) разных форм по прочности для сборных сверл ведущих инструментальных фирм мира.

5. Разработана конструкция сборного сверла с режущей твердосплавной головкой с главной режущей кромкой, сформированной из трех и более участков прямых, с различными углами в плане ϕ на каждом участке, при этом углы ϕ уменьшаются от центра к периферии (Подана заявка на патент на изобретение № 2014132270 от 05.08.2014).

6. Разработанная методика и новые запатентованные технические решения переданы для внедрения в ОАО ПИИ «Газтурбосервис», ООО «Тюменьстальмост», ОАО «Сибнефтепровод: Тюменский Ремонтно-механический завод».

7. Результаты исследований используются в учебном процессе подготовки студентов по специальностям: «Технология машиностроения» и «Металлообработывающие станки и комплексы», и направлениям бакалавров и магистров: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и «Технологические машины и оборудование».

Апробация работы и публикации

Основные результаты диссертационной работы докладывались автором на VI научно-технической конференции с международным участием «Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении» (Тюмень, 2012 г.), на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50 – летию Тюменского инду-

стриального института «Новые технологии нефтегазовому региону» (Тюмень, 2013 г.), на Молодежном научно-инновационном конкурсе «УМНИК-2013» (Тюмень, 2013 г.), на Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института (Тюмень, 2013 г.).

Всего опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 1 статья в журнале, индексируемом в базе данных SCOPUS, 2 патента РФ на изобретение.

Личный вклад автора заключается в непосредственном проведении исследований, анализе данных и установлении факторов, влияющих на повышение работоспособности сборных сверл со сменными режущими элементами из инструментальных твердых сплавов, а также проведении расчетов, в обработке и анализе полученных результатов, разработке конструкций сборных сверл, оформлении положений и выводов, выносимых на защиту, подготовке публикаций по данной теме.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка из 115 наименований, изложенных на 148 страницах машинописного текста, актов внедрения, включает 94 рисунка, 9 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследований и изложено краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе приведен литературный обзор результатов экспериментальных и теоретических исследований по теме диссертации.

Проблемой работоспособности режущего инструмента занимались ученые: В.Ф. Бобров, В.Ф. Безъязычный, А.И. Бетанели, С.А. Васин, А.С.Верещака, А.А. Виноградов, Г.И. Грановский, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, В.И. Гузеев, С.Н. Даниелян, А.Е. Древаль, Н.Н. Зорев, С.В. Кирсанов, В.С. Кушнер, Д.В. Кожевников, Т.Н. Лоладзе, А.Д. Макаров, Д.К. Маргулис, И.А. Мирнов, И.А. Ординарцев, В.А. Остафьев, С.И. Петрушин, Ю.Е. Петухов, А.Ю. Попов, В.Н. Подураев, М.Ф. Полетика, А.М.Розенберг, В.А. Рогов, А.Н. Резников, В.К. Старков, С.С. Силин, Н.В. Талантов, С.И. Тахман, В.Г. Шаламов, Ю.В. Щепетильников, И.А. Щуров, А.С. Ямников. В этом направлении работали также М.Х. Утешев, Е.В. Артамонов, Ю.И. Некрасов, В.Д. Самохвалов, Б.В. Барбышев, И.А. Ефимович и др.

В настоящее время на практике применяют три основных вида твердосплавных сверл: 1. - Цельные сверла и сверла с напайной твердосплавной режущей вставкой; 2. - Сборные сверла со сменными режущими пластинами; 3. - Сборные

сверла со сменными режущими головкам. Причем сверла со сменными твердосплавными режущими головками, так же как и цельные твердосплавные сверла работают на средних скоростях резания с повышенными подачами, а сверла с механическим креплением режущих пластин применяют при высоких скоростях резания с меньшими подачами (по данным Mitsubishi, Walter и Sandvik Coromant).

Анализ видов и статистики разрушения сменных режущих головок и сменных режущих пластин сборных сверл, представленный на рисунках 1, 2, показал, что их разрушение имеет хрупкий характер. Так, по материалам ООО «Тюменьстальмост» и ПИИ ОАО «Газтурбосервис», на долю отказов в результате скалывания, выкрашивания и поломок приходится 80% для твердосплавных режущих головок и 65% для сменных режущих пластин сборных сверл.

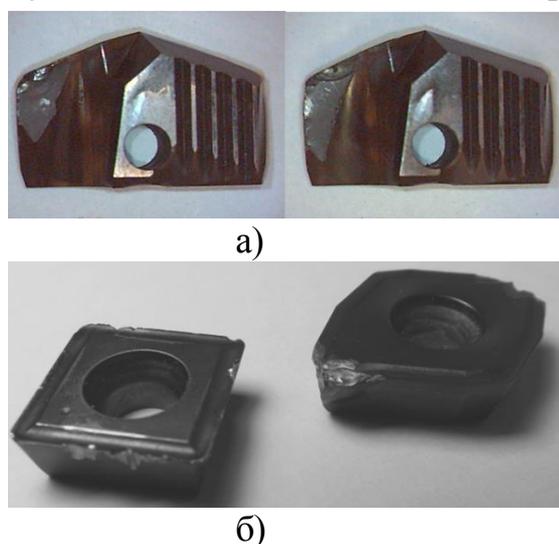


Рисунок 1 – Разрушение сменных режущих элементов сборных сверл: а) головок; б) пластин

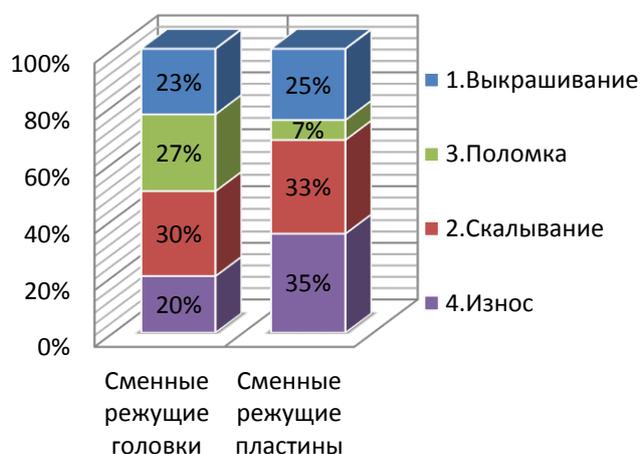


Рисунок 2 – Доли отказов сменных режущих элементов сборных сверл

На основании критического литературного и информационного анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе изложен разработанный метод численного исследования напряженного состояния и расчета прочности сменных режущих твердосплавных элементов сборных сверл на основе конечных элементов, включающий: определение сил резания; удельных нагрузок; построение конечно-элементных трехмерных моделей сменных режущих твердосплавных элементов сборных сверл; расчет НДС режущих элементов с применением метода конечных элементов (МКЭ); расчет коэффициента запаса прочности режущих элементов.

В результате систематизации и обобщении формул сил резания при сверлении, фирм Sandvik Coromant и Garant, автором была получена следующая система

выражений для расчета осевой P_{oc} и главной составляющей P_z сил резания, а также крутящего момента $M_{кр}$ при сверлении сборными сверлами разных видов:

$$\begin{cases} P_{oc} = 0.5 \cdot k_{c1} \cdot (s_z \cdot \sin \varphi)^{-m_c} \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \frac{D}{2} \cdot s \cdot \sin \varphi \\ P_z = \frac{D}{2} \cdot s_z \cdot k_{c1} \cdot (s_z \cdot \sin \varphi)^{-m_c} \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot z \\ M_{кр} = \frac{P_z \cdot z \cdot D}{2000}, \end{cases} \quad (1)$$

где γ – главный передний угол; φ – главный угол в плане; D – диаметр сверла [мм]; k_{c1} – удельная нагрузка [Н/мм²]; z – число зубьев ($z = 2$ – для цельных и сборных сверл со сменными режущими головками и $z = 1$ – для сборных сверл со сменными режущими пластинами); s – подача [мм/об]; s_z – подача на зуб [мм/об] ($S=2S_z$ – для цельных и сборных сверл со сменными режущими головками и $S=S_z$ – для сборных сверл со сменными режущими пластинами).

В результате имитационного моделирования были определены площади поперечного сечения срезаемого слоя режущими лезвиями сверлами разных видов. Для задания граничных условий режущие лезвия цельного сверла и сверла со сменной режущей головкой разделяется на n равных участков, а у сборного сверла со сменными режущими пластинами режущие лезвия центральной и периферийной пластин на число участков $n = n_{ц} + n_{п}$ ($n_{ц}$ и $n_{п}$ число равных участков на режущих лезвиях центральной и периферийной пластин), как показано на рисунке 3:

$$P_{oc} = \sum_{i=1}^n P_{oci}; \quad (2) \quad P_z = \sum_{i=1}^n P_{zi}; \quad (3) \quad M_{кр} = \sum_{i=1}^n M_{кри} \quad (4)$$

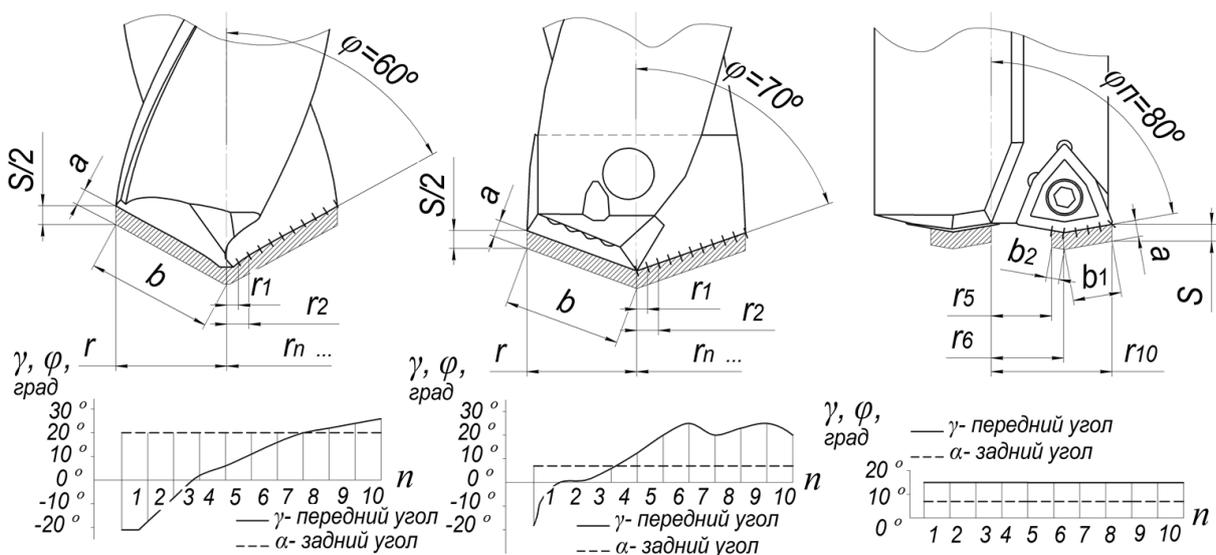


Рисунок 3 – Схемы срезаемого слоя и геометрические параметры режущих лезвий разных видов сверл

При этом удельные нагрузки, как представлено на рисунках 4, 5, на каждом участке определяются из выражений:

$$\Delta P_{oc(i=n)} = P_{ocn} - P_{oc(n-1)}; \quad (5) \quad \Delta P_{z(i=n)} = P_{zn} - P_{z(n-1)}; \quad (6)$$

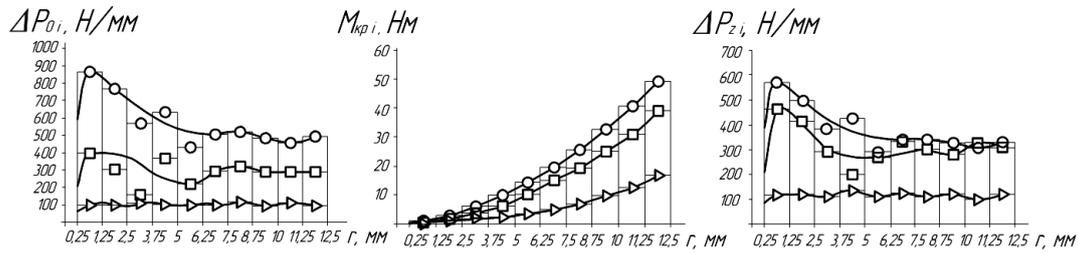


Рисунок 4– Графики распределения удельных нагрузок на режущие лезвия сверл ($\varnothing 25$ мм) разных видов: ○- цельное сверло; □- сборное сверло со сменной режущей головкой; Δ- сборное сверло с СРП

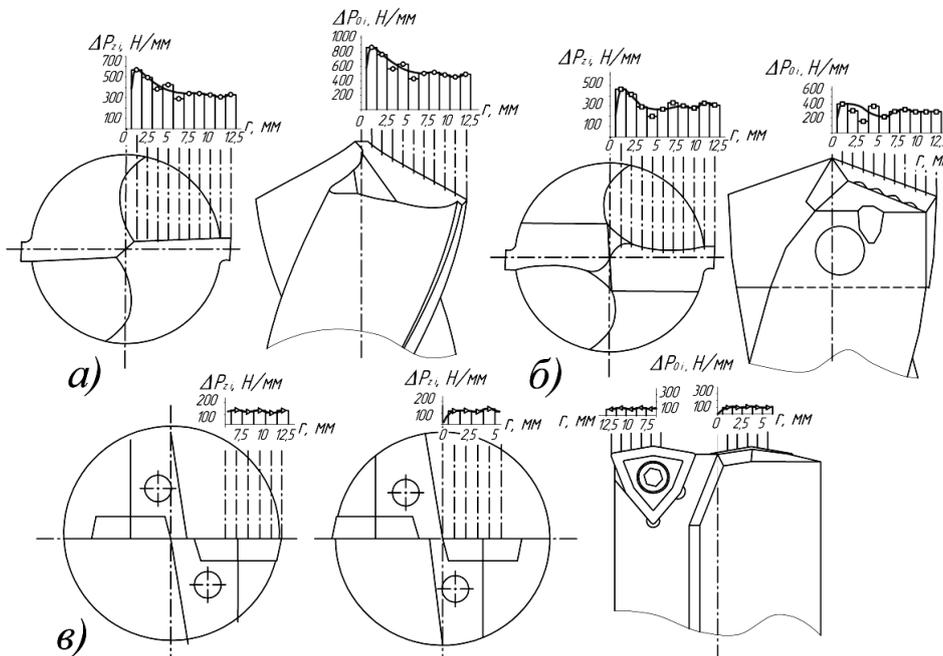


Рисунок 5 – Схемы распределения удельных нагрузок на режущие лезвия сверл ($\varnothing 25$ мм) разных видов: а) - цельное сверло; б) - сборное сверло со сменной режущей головкой; в) - сборное сверло с СРП

В третьей главе приведены результаты численного исследования влияния форм, схем базирования и крепления сменных режущих пластин сборных сверл на их напряженное состояние и прочность.

Для определения влияния формы пластин на их напряженное состояние исследования проводились на равносторонних сменных режущих пластинах разных форм: трехгранной, ромбической, квадратной. Анализ результатов численного исследования влияния формы сменных режущих пластин на напряженное состояние, представленных на рисунке 6 показал, что значения опасных напряжений растяже-

ния σ_1 в периферийной режущей пластине сборного сверла, в режущем лезвии равнобедренной трехгранной пластины ($\varepsilon=60^\circ$) больше, чем в квадратной ($\varepsilon=90^\circ$) примерно в 3 раза. У трехгранной режущей пластины, в отличие от ромбической ($\varepsilon=80^\circ$) и квадратной, значения напряжений σ_1 распределены неравномерно. Наиболее опасным участком на главной режущей кромке является зона конца участка нагружения (узловые точки 1-8) при вершине сменной режущей пластины, на другом участке (узловые точки 9-25) значения напряжений σ_1 трехгранной пластины ($\varepsilon=60^\circ$) близки к напряжениям σ_1 квадратной ($\varepsilon=90^\circ$) пластины. Это объясняется тем, что у трехгранной пластины правильной формы схема базирования пластины в угловой паз корпуса инструмента по двум боковым поверхностям пластин реализуется так, чтобы одна из них приходилась на вспомогательную режущую кромку, что обеспечивает снижение опасных напряжений растяжения σ_1 . Как представлено на рисунке 6, чем меньше угол ε при вершине, тем больше напряжения σ_1 при одинаковых условиях резания.

Анализ схем крепления и базирования центральной и периферийной пластин сборных сверл показал, практически во всех конструкциях сборных сверл разных фирм не реализуется схема базирования сменных режущих пластин в угловой паз корпуса инструмента по двум боковым поверхностям пластин так, чтобы одна из них приходилась на вспомогательную режущую кромку.

Для повышения работоспособности сборных сверл была разработана новая форма сменной режущей пластины с увеличенным углом ε ($\varepsilon=100^\circ$), выполненной на основе равнобедренной трехгранной пластины ($\varepsilon=60^\circ$), при этом главная режущая кромка выполнена в виде прямой, а вспомогательная в виде дуги. В разработанной конструкции сборного сверла, как показано на рисунке 7, при закреплении а) периферийной и б) центральной пластины направление силы резания R_{xz} совпадает с направлением силы крепления P , а схема крепления

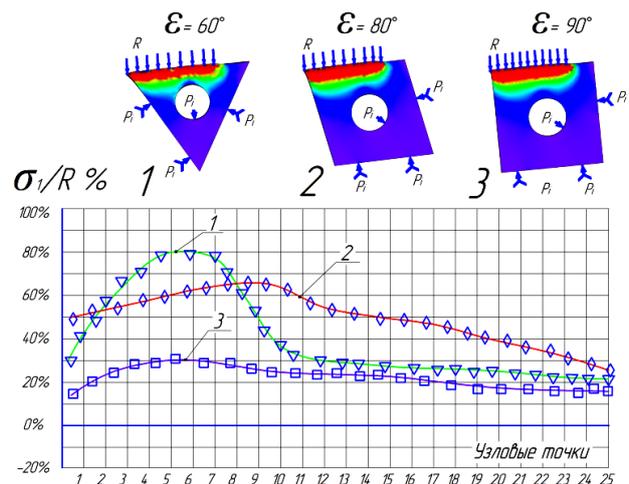


Рисунок 6 – Картины изолиний и графики распределения напряжений растяжения σ_1 в режущих лезвиях равнобедренных СРП: 1 – трехгранной; 2 – ромбической; 3 – квадратной

сменных режущих пластин в угловой паз корпуса инструмента реализуется по двум боковым поверхностям пластин так, чтобы одна из них приходилась на вспомогательную режущую кромку.

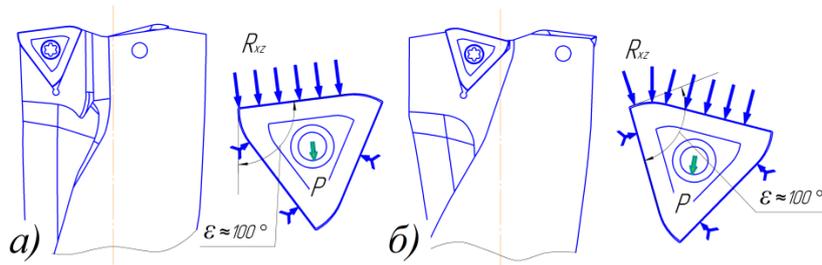


Рисунок 7 – Схемы базирования, крепления и нагружения разработанных режущих пластин: а) периферийной и б) центральной в корпусе сборного сверла

На рисунке 8 представлены картины изолиний и эпюры напряжений для СРП разных форм, схем базирования и крепления, предлагаемых основными инструментальными фирмами. Трехгранные: СРП 1 - фирмы Iscar с $\varepsilon_1=60^\circ$ и $\varepsilon_2=120^\circ$; СРП 2 сборного сверла – по ГОСТ 27724-88 с $\varepsilon=80^\circ$; ромбическая СРП 3 - фирмы Mitsubishi с $\varepsilon_1=50^\circ$ и $\varepsilon_2=100^\circ$). Анализ НС СРП сверл показал, что зона наибольших опасных напряжений растяжения σ_1 расположена в режущем лезвии вдоль главной режущей кромки периферийной и центральной пластин и зависит от формы, схем базирования и крепления СРП.

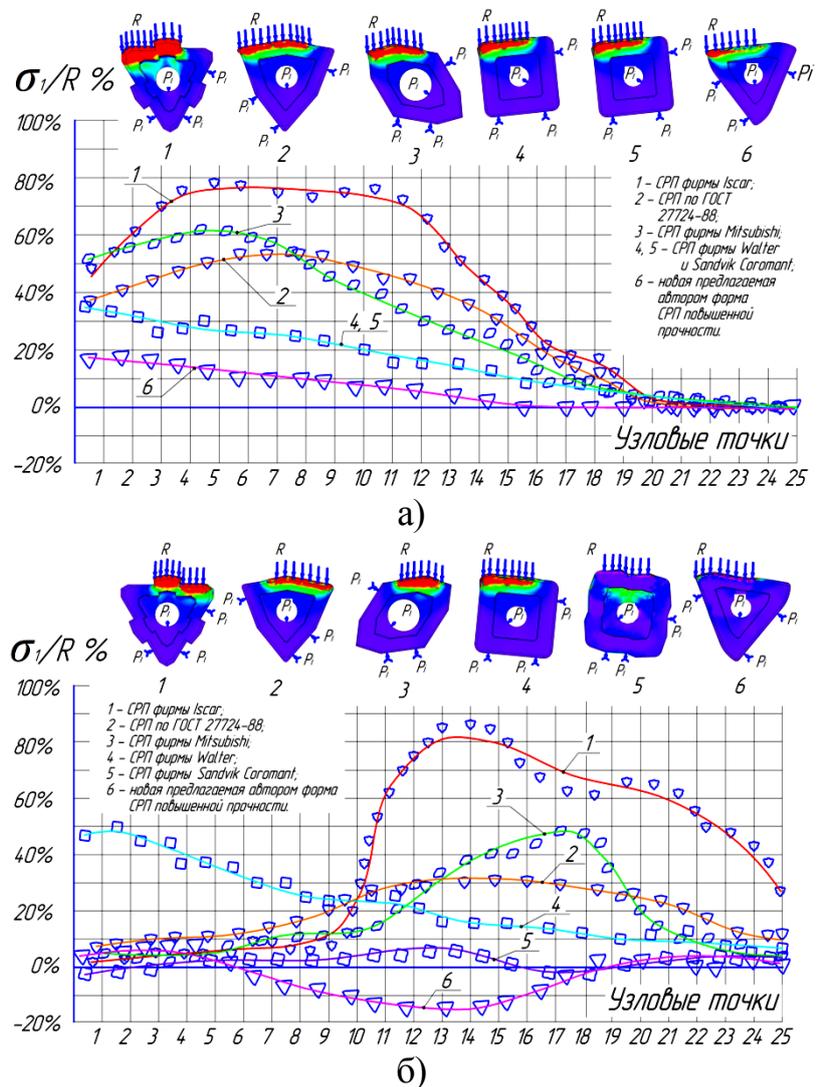


Рисунок 8 – Картины изолиний и графики распределения напряжений растяжения σ_1 в режущих лезвиях СРП: а) периферийных; б) центральных сборных сверл разных фирм

Так же на величину опасных напряжений растяжения σ_1 в СРП сборных сверл влияет схема базирования и крепления режущих пластин в корпусе инструмента. У ромбической СРП 3- фирмы Mitsubishi, а также у квадратных СРП 4- фирмы Walter с $\varepsilon=90^\circ$ и СРП 5- фирмы Sandvik Coromant (периферийная СРП с $\varepsilon=90^\circ$ и центральная с $\varepsilon=110^\circ$) направление вектора силы резания R не совпадает с направлением вектора силы закрепления СРП P в угловой паз. На основании анализа результатов расчета НС в СРП была разработана СРП 6 - новой формы повышенной прочности для сборных сверл. Исследование НС новой СРП показало значительное уменьшение, до 60%, опасных напряжений растяжения σ_1 в режущем лезвии вдоль главной режущей кромки периферийной пластины, и уменьшение значений напряжений σ_1 в режущем лезвии вдоль главной режущей кромки центральной пластины до отрицательного значения (напряжения сжатия) по сравнению с трехгранной пластиной неправильной формы для сборных сверл по ГОСТ 27724-88.

Систематизация полученных результатов позволила расставить СРП сборных сверл $\varnothing 25$ мм разных фирм производителей режущего инструмента в ряд по мере повышения прочности, представленных на рисунке 9.



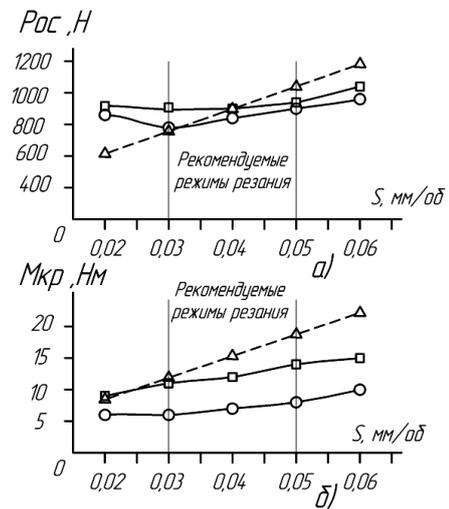
Рисунок 9 – Ранжирование форм СРП сборных сверл разных фирм по повышению прочности (* разработанная форма СРП)

Для экспериментальной проверки результатов расчета сил резания сборными сверлами с СРП и для проверки работы разработанной конструкции сборного сверла были проведены исследования при сверлении стали 12Х18Н10Т. Анализ результатов эксперимента, представленных на рисунке 10, показал что схема крепления в угловой паз и новая форма сменных режущих пластин позволили снизить силы резания P_{oc} примерно в 1,2 раза и $M_{кр}$ в 1,8 раз.

Таким образом, в сменных режущих твердосплавных пластинах сборных сверл увеличение угла при вершине ϵ и схема базирования и крепления пластины в угловой паз корпуса инструмента по двум боковым поверхностям пластин так, чтобы одна из них приходилась на вспомогательную режущую кромку, обеспечивает снижение опасных напряжений растяжения σ_1 .

В четвертой главе приведены результаты, полученные с применением разработанного метода численного исследования напряженного состояния и прочности сменных режущих твердосплавных головок сборных сверл.

При проведении имитационного моделирования радиального биения кромок сменной режущей головки сборного сверла, как представлено на рисунке 11, были определены площади нагружения на режущих лезвиях режущих головок при отклонении сверла от оси отверстия от 0 до 0,1 мм. Результаты расчета, полученные с применением разработанного метода численного исследования напряженного состояния представленные на рисунке 12, показали, что по причине радиального биения вспомогательных режущих кромок сменных режущих головок сборного сверла, при отклонении от оси отверстия от 0 до 0,1 мм, максимальные значения величин опасных напряжений растяжения σ_1 в режущем лезвии увеличиваются прямо пропорционально величине радиального биения и достигают максимальных значений в точке пересечения главной и вспомогательной режущих кромок, что соответствует характерному виду разрушения режущих головок сборных сверл в производственных условиях. Это обуславливает необходимость повышения прочности и работоспо-



Δ - расчет сил резания по разработанной методике
 \square - сборное сверло с СРТ фирмы Walter
 \circ - сборное сверло с СРТ повышенной прочности разработанное автором

Рисунок 10 – Результаты экспериментальных исследований разработанного сверла со сменными режущими пластинами при $V=150$ м/мин: а) сила P_{oc} ; б) крутящий момент $M_{кр}$

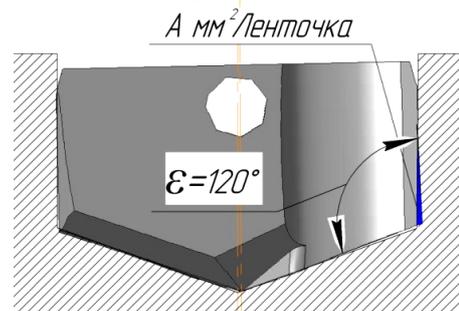


Рисунок 11 – Схема имитационного моделирования радиального биения режущих кромок сверла при отклонении сменной режущей головки от оси отверстия

способности сменных режущих головок путем оптимизации конструктивных параметров режущих лезвий.

На основании выше изложенного были разработаны новые формы сменных твердосплавных режущих головок сборных сверл повышенной прочности, представленные на рисунке 13, которые по сравнению с базовой сменной режущей головкой, при одинаковой величине радиального биения режущих кромок сверла, позволили снизить площадь контакта на режущем лезвии вдоль вспомогательной режущей кромки и соответственно уменьшить величину опасных напряжений σ_1 в режущем лезвии в 3-4 раза, как показано на рисунке 14.

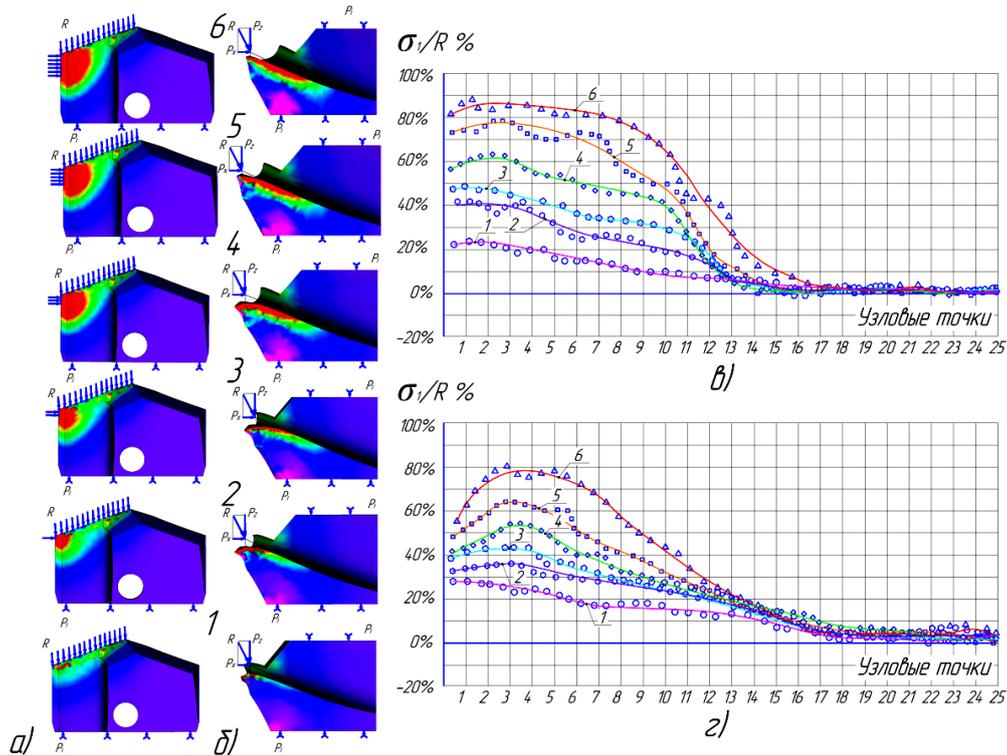


Рисунок 12 – Картины изолиний напряжений σ_1 : а) в плоскости головки, б) в плоскости схода стружки; Графики распределения напряжений растяжения σ_1 в режущем лезвии: в) вдоль главной режущей кромки, г) вдоль вспомогательной (ленточки) режущей кромки, возникающих из-за радиального биения режущих кромок сверла ($\varnothing 25$ мм) при отклонениях от оси отверстия: 1 – 0 мм; 2 - 0,02 мм; 3- 0,04 мм; 4 - 0,06 мм; 5 - 0,08 мм; 6 - 0,1 мм

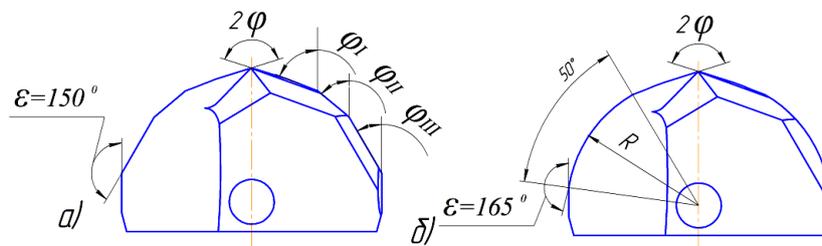


Рисунок 13 – Разработанные сменные режущие твердосплавные головки повышенной прочности: а) с тремя участками прямых с различными углами в плане φ на каждом участке ($\varphi_I > \varphi_{II} > \varphi_{III}$); б) с дугой радиусом R

По полученным картинам изолиний σ_1 , как представлено на рисунке 15, определены границы предельных поверхностей разрушения сменных твердосплавных режущих головок сборных сверл, траектории которых хорошо описывает геометрическая модель критерия прочности Писаренко-Лебедева.

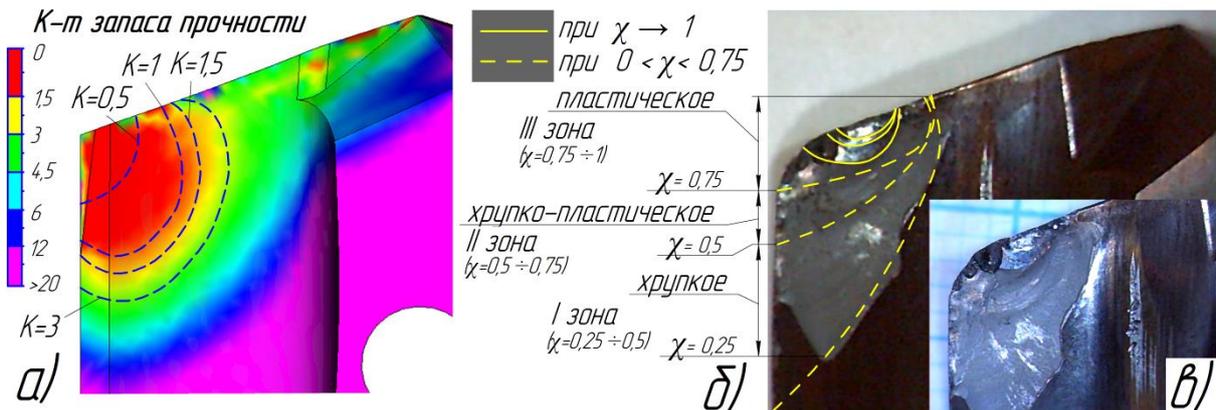


Рисунок 15 – Границы предельных поверхностей разрушения сменных твердосплавных режущих головок сборных сверл определенные с помощью: а) разработанного метода численного исследования; б) геометрической модели критерия прочности Писаренко-Лебедева; в) фрактограммы поверхности разрушения

Для проверки результатов расчетов сил резания сборными сверлами со сменными режущими головками и для проверки работы разработанной конструкции сборного сверла были проведены экспериментальные исследования при сверлении стали 12X18H10T. В качестве режущего инструмента использовались сборное сверло со сменными режущими головками фирмы Mitsubishi и сборное сверло, разработанное автором. Анализ результатов эксперимента, представленных на рисунке 16, показал что сменная режущая головка новой формы позволила снизить силы резания P_{oc} в 1,2 раза и $M_{кр}$ в 1,5 раза.

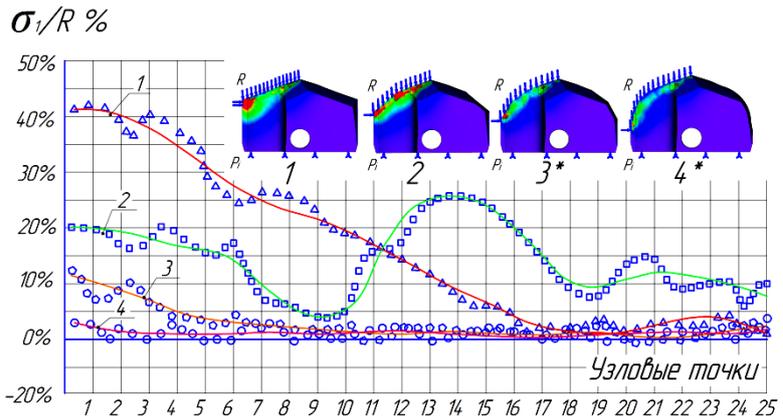


Рисунок 14 – Картины изолиний и графики распределения напряжений растяжения σ_1 в режущем лезвии сверла $\varnothing 25$ мм со смещением от оси на 0,02 мм 1 – сменная режущая головка фирмы Mitsubishi; 2 – сменная режущая головка с двойным углом φ (с «двойной заточкой»); 3 – новая разработанная автором форма сменной режущей головки с тройным углом φ ; 4 – новая форма сменной режущей головки с дугой радиусом R

Таким образом, введение в конструкцию головки сверла главной режущей кромки, формируемой из трех и более участков прямых с различными углами в плане φ на каждом участке, которые уменьшаются от центра к периферии, обуславливает уменьшение зоны контакта режущего лезвия с обработанной поверхностью отверстия, что способствует максимальному снижению величин опасных напряжений растяжения σ_1 .

В пятой главе изложена практическая реализация результатов работы.

На основании результатов исследования разработан алгоритм выбора и расчета конструктивных параметров сменных режущих элементов и сборных сверл повышенной работоспособности, как показано на рисунке 17.

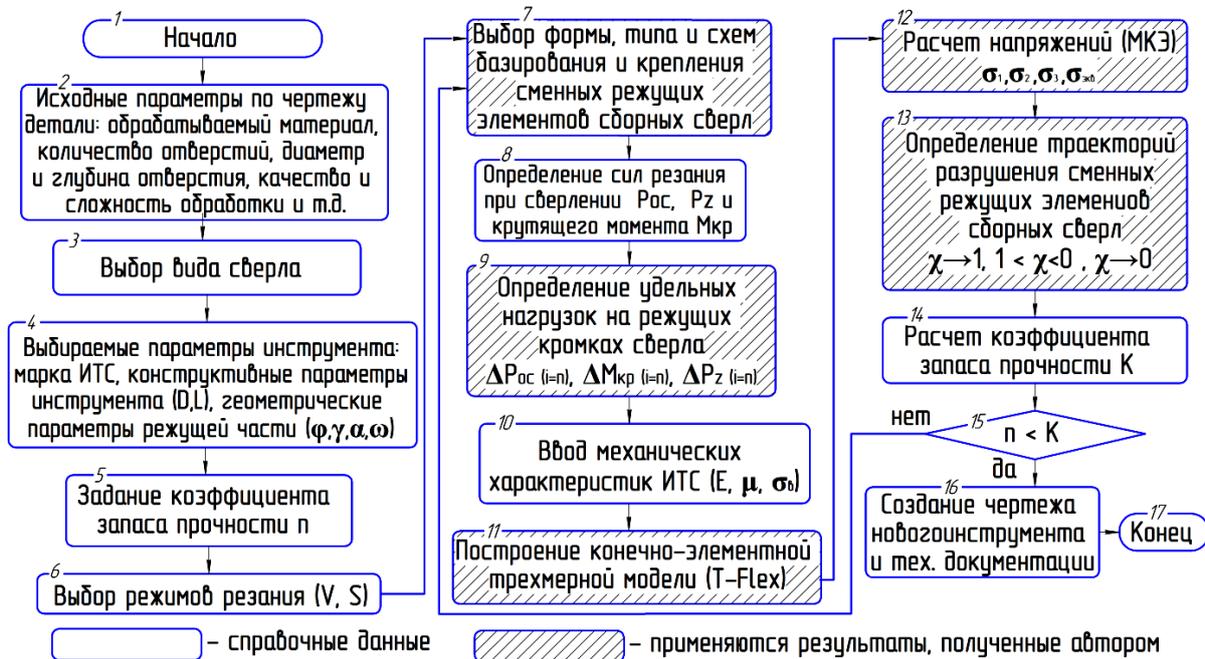


Рисунок 17 – Блок-схема алгоритма методики выбора, расчета и проектирования сменных режущих твердосплавных элементов и сборных сверл повышенной работоспособности

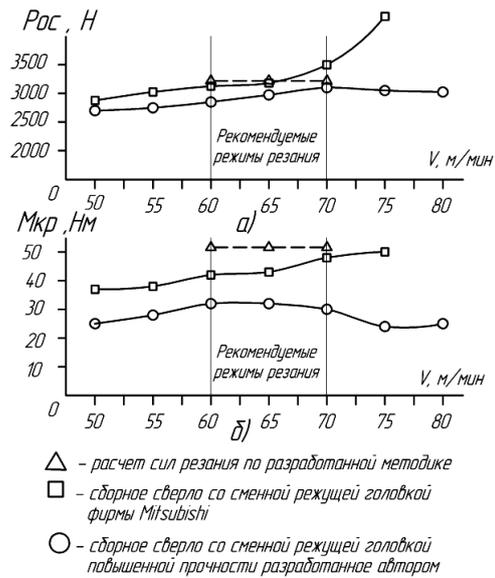


Рисунок 16 – Результаты экспериментальных исследований разработанного сверла со сменными режущими пластинами при $S=0,2$ мм/об: а) сила P_{oc} ; б) крутящий момент $M_{кр}$

Разработаны новые формы сменных режущих пластин и сменных режущих

головок из инструментальных твердых сплавов повышенной прочности, представленные на рисунках 18, 19, 20, и созданы сборные сверла с разработанными сменными режущими элементами.

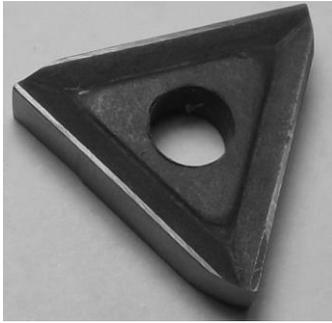


Рисунок 18 – Сменная режущая пластина повышенной прочности (Пат. №2531336)



Рисунок 19 – Сборное сверло с СРП повышенной прочности (Пат. №2539255)



Рисунок 20 – Сборное сверло со сменной режущей головкой повышенной прочности (Заявка на пат. № 2014132270 от 05.08.2014)

На рисунке 21 представлены результаты производственных испытаний на ОАО «Газтурбосервис» сборных сверл с разработанными сменными режущими твердосплавными элементами при сверлении деталей из стали 12X18H10T на рекомендуемых режимах резания, которые показали повышение работоспособности сборных сверл со сменными режущими головками (I-II) в 2,4 раза, с СРП (III-IV) в 1,7 раза. Производственные испытания сборного сверла со сменной режущей головкой повышенной прочности на ООО «Тюменьстальмост» при сверлении стального проката из стали 10ХСНДА подтвердили полученные результаты. Работоспособность сверла увеличилась в 2 раза.

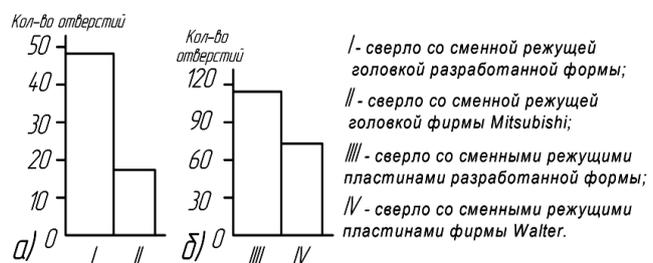


Рисунок 21 – Результаты производственных испытаний сборных сверл: а) со сменной режущей головкой ($V=65$ м/мин; $S=0,2$ мм/об; б) со сменными режущими пластинами при $V=150$ м/мин; $S=0,04$ мм/об)

В заключении сформулированы выводы и результаты работы:

1. В диссертации решена научно-техническая задача, заключающаяся в повышении работоспособности сборных сверл путем снижения значений опасных напряжений растяжения σ_1 в режущих лезвиях, на основе исследования напряженного состояния и прочности режущих твердосплавных элементов.

2. Разработан метод численного исследования напряженного состояния и прочности сменных режущих твердосплавных элементов, с применением МКЭ, для обеспечения максимальной работоспособности сборных сверл путем снижения величины опасных напряжений растяжения σ_1 в режущих лезвиях и соответственно увеличения их прочности.

3. Получены картины изолиний опасных напряжений растяжения σ_1 , по которым были определены границы предельных поверхностей разрушения режущих твердосплавных элементах сборных сверл, что позволило оптимизировать конструктивные параметры сменных режущих пластин и сменных режущих головок с целью повышения их прочности, для обеспечения повышения работоспособности сборных сверл.

4. Установлено, что в сменных режущих твердосплавных пластинах сборных сверл увеличение угла при вершине ε и схема базирования и крепления пластины в угловой паз корпуса инструмента по двум боковым поверхностям пластин так, чтобы одна из них приходилась на вспомогательную режущую кромку, обеспечивает снижение опасных напряжений растяжения σ_1 и соответственно повышение прочности.

5. Установлено, что конструкция сменной твердосплавной режущей головки с главной режущей кромкой, формируемой из трех и более участков прямых, с различными углами в плане φ на каждом участке, которые уменьшаются от центра к периферии, позволяет снизить величины опасных напряжений растяжения σ_1 на периферийной части режущих лезвий сменной режущей головки.

6. Разработана новая сменная режущая пластина повышенной прочности, форма которой выполнена на основе равностороннего многогранника, при этом главная режущая кромка выполнена в виде прямой, а вспомогательная в виде дуги, которая вписана в четверть длины стороны многогранника, при этом радиус дуги равен половине длины стороны многогранника (Пат. № 2531336).

7. Созданы конструкции сборных сверл со сменными режущими пластинами повышенной прочности (Пат. №2539255) и со сменной режущей головкой с главной режущей кромкой, формируемой из трех и более участков прямых, с различными углами в плане φ на каждом участке, которые уменьшаются от центра к периферии (Подана заявка на патент на изобретение № 2014132270 от 05.08.2014).

8. Результаты работы в виде методики выбора, расчета и проектирования сменных режущих твердосплавных элементов и сборных сверл разных видов, а также в

виде новых конструкций сборных сверл с разработанными режущими элементами повышенной прочности переданы для внедрения в производство.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях рекомендованных ВАК:

1. Артамонов, Е.В. Повышение работоспособности сменных режущих пластин сборных инструментов / Е.В. Артамонов, М.О. Чернышов, Т.Е. Помигалова, Д.В. Васильев // СТИН – 2014. – №7 – С 19-21.

2. Артамонов, Е.В. Модель разрушения и прочности режущих твердосплавных элементов сборных сверл / Е.В. Артамонов, М.О. Чернышов // Омский научный вестник. Серия приборы, машины и технологии. – 2014. – №1 (127) – С 44-46.

3. Артамонов, Е.В. Повышение эффективности обработки корпуса шиберной заглушки путем применения разработанной конструкции сборного сверла / Е.В. Артамонов, М.О. Чернышов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2014. - №4 – С86-91.

SCOPUS:

4. Artamonov, E.V. Extending the Life of Replaceable Cutting Plates in Composite Tools / E.V. Artamonov, M.O. Chernishov, T.E. Pomigalova, D.V. Vasil'ev // Russian Engineering Research. - 2015 - Vol. 35, No. 1 - pp. 61-63.

Патенты на изобретения:

5. Пат. № 2531336 Российская федерация, МПК В23В 27/16. Режущая пластина для черновой и чистовой обработки / Е.В. Артамонов, Д.В. Васильев, В.В. Киреев, М.О. Чернышов; заявитель и патентообладатель Тюменский государственный нефтегазовый университет (RU). - №2013129883; заявл. 28.06.2013; опубл. 20.10.2014; Бюл. №29.

6. Пат. № 2539255 Российская федерация, МПК В23В 51/00. Сборное сверло с режущими пластинами / Е.В. Артамонов, М.С. Остапенко, М.О. Чернышов; заявитель и патентообладатель Тюменский государственный нефтегазовый университет (RU). - № 2013155436; заявл. 12.12.2013; опубл. 20.01.2015 ; Бюл. № 2.

В других научных изданиях:

7. Чернышов, М.О. Основные критерии повышения производительности и эффективности процесса сверления на предприятиях нефтегазового региона. / М.О. Чернышов, Р.Н. Ога // Новые технологии - нефтегазовому региону: материалы Все-

русской научно-практической конференции. Т1. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – С 227-229.

8. Чернышов, М.О. Алгоритм расчета, проектирования и эксплуатации сборных комбинированных инструментов для обработки отверстий. / М.О. Чернышов, Е.С. Завьялов, А.Ю. Фарафонова, И.А. Каюкова // Новые технологии - нефтегазовому региону: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Т2. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – С 14-15.

9. Артамонов, Е.В. Высокопроизводительные инструменты для обработки отверстий. / Е.В. Артамонов, А.Ю. Свирид, М.О. Чернышов // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении: материалы VI научно-технической интернет - конференции с международным участием / отв. ред. Р.Ю. Некрасов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – С 25-29.

10. Артамонов, Е.В. Проблемы прочности и работоспособности сборных сверл. / Е.В. Артамонов, А.Ю. Свирид, М.О. Чернышов // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении: материалы VI научно-технической интернет - конференции с международным участием / отв. ред. Р.Ю. Некрасов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – С 3-7.

11. Чернышов, М.О. Прогрессивные технологии сверления сборными инструментами. / М.О. Чернышов, А.Ю. Свирид // Новые технологии – нефтегазовому: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Т. 1. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С 155-157.

12. Артамонов, Е.В. Высокопроизводительные технологии обработки отверстий сборными инструментами. / Е.В. Артамонов, М.О. Чернышов, С.А. Турчин // Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной научно-технической конференции. Т.2. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С 123-129.

13. Чернышов, М.О. Анализ основных видов разрушения режущих твердосплавных элементов сборных сверл. / М.О. Чернышов, С.А. Турчин // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: сборник научных трудов II Международной конференции «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» в 4т. Т.1 – Томск: ТПУ, 2013. – С 236-239.