

14/21332

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

**МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА**

На правах рукописи

СТУДЕННИКОВ Геннадий Владимирович

УДК 621.9.079: 621.892

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ
ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ**

Специальность 05.03.01

**Процессы и машины обработки материалов резанием;
автоматические линии**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва, 1984

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

СТУДЕННИКОВ Геннадий Владимирович

УДК 621.9.079; 621.892

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ
ПО ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Специальность 05.03.01

Процессы и машины обработки материалов резанием;
автоматические линии

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва, 1984

Работа выполнена в Курганском машиностроительном институте и в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н. Э. Баумана.

**Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Б. Д. Даниленко.**

**Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор П. Н. Орлов;
кандидат технических наук,
доцент В. И. Денисенко.**

**Ведущее предприятие — Курганский машиностроительный
завод имени В. И. Ленина.**

**Защита диссертации состоится « . . . » 1984 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.15 в Мо-
сковском высшем техническом училище имени Н. Э. Баумана
по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д. 5.**

**Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверен-
ный печатью, просим направить по указанному адресу.**

**С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
имени Н. Э. Баумана.**

Автореферат разослан « . . . » 1984 г.

**Ученый секретарь совета
к. т. н., доцент Р. К. Мещеряков.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Решениями XXVI съезда КПСС предусматривается повышение производительности металлорежущих станков, улучшение качества и надежности инструмента. В общем объеме режущего инструмента, используемого в машиностроении, спиральные сверла составляют около 30%, а количество оборудования, на котором ими работают, составляет около 20%. Повышение эффективности использования спиральных сверл за счет применения экономически обоснованных режимов резания и правильного выбора марки быстрорежущей стали для их изготовления дает большой экономический эффект.

Используемые в настоящее время нормативные материалы по выбору режимов резания и условий сверления имеют ряд недостатков. В частности, не учитывается сложный характер влияния скорости резания и подачи, а также их сочетания на режущие свойства спиральных сверл; в широком диапазоне изменения режимов резания четко не определены рекомендуемые условия использования различных марок инструментального материала и не установлены поправочные коэффициенты на скорость резания и стойкость, учитывающие инструментальный материал. Не выявлена возможность и допустимость использования поправочных коэффициентов, учитывающих обрабатываемый материал, при составлении нормативов по сверлению материалов разных групп обрабатываемости.

Актуальность работы заключается в возможности использования ее результатов при составлении технически и экономически обоснованных нормативных материалов по режимам сверления, которые позволят повысить эффективность использования спиральных сверл.

Цель работы. Целью данной работы явилось повышение эффективности обработки отверстий спиральными сверлами и получение исходных данных для разработки нормативов режимов сверления, а также норм износа, стойкости и расхода спиральных сверл.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- исследовать износостойкость и теплофизические характеристики различных марок быстрорежущих сталей, используемых для изготовления спиральных сверл;

- исследовать тепловые процессы и температурное состояние сверл, изготовленных из различных марок быстрорежущих сталей при различных условиях сверления;

- установить закономерности износа и стойкости спиральных сверл и определить значения скоростей резания и подачи, обеспечивающих максимальную наработку за период стойкости;

- разработать математические модели и алгоритмы для современных нормативных материалов по режимам сверления, в том числе в условиях САПР — ТП;

- разработать математическую модель стойкостной зависимости, учитывающую износостойкость и теплофизические характеристики инструментального материала;

- обосновать выбор быстрорежущей стали для изготовления сверл, работающих в различных условиях, а также определить поправочные коэффициенты на марку быстрорежущей стали;

- определить поправочные коэффициенты на обрабатываемый материал для разрабатываемых нормативных таблиц при переходе от одной группы обрабатываемости к другой, а также установить условия их использования.

Методы исследований. Исследования износостойкости быстрорежущих сталей проведены с использованием принципа физического моделирования процесса изнашивания на специальной установке. Исследования теплофизических характеристик быстрорежущих сталей и влияние нагрева на их изменение были выполнены совместно с ВНИИ инструмента на установке, созданной для исследований теплофизических свойств инструментальных материалов и работающей по принципу измерения радиальных температурных волн. Исследования тепловых процессов и температурного состояния

сверл были проведены с использованием искусственной и естественной термопары. Стойкостные исследования сверл проводились на вертикально-сверлильном станке.

Экспериментальные исследования проводились методом однофакторного эксперимента. Полученные зависимости описывались математическими моделями, параметры которых определялись методами наименьших квадратов и случайного поиска с использованием ЭВМ ЕС — 1020.

Научная новизна. Выявлена и объяснена связь химического состава инструментального материала с эффективностью его использования в различных условиях эксплуатации на основе комплексного исследования теплофизических свойств и износостойкости быстрорежущих сталей, а также температурного состояния и стойкости спиральных сверл. Установлены закономерности изменения теплофизических характеристик различных марок быстрорежущих сталей при изменении температуры.

Выявлено, что для каждого обрабатываемого материала существуют оптимальные соотношения между подачей и диаметром сверла, а также оптимальные комбинации значений скорости резания и подачи, при которых обеспечивается минимальный расход инструмента. Установлено, что для различных диапазонов скоростей резания существуют качественно различные зависимости между наработкой за период стойкости и подачей на оборот сверла.

Предложена математическая модель стойкостной зависимости, позволяющая на основе известных теплофизических характеристик и износостойкости новых инструментальных материалов прогнозировать эффективность их использования для изготовления сверл.

Выявлено, что при изменении режимов резания, значения поправочных коэффициентов на скорость резания и стойкость, учитывающих инструментальный и обрабатываемый материал, изменяются. Обоснованы допустимые пределы использования этих коэффициентов для разных обрабатываемых материалов.

Практическая ценность. Результаты исследований позволили:

— получить исходные данные для разработки нормативов режимов резания, норм стойкости, износа и расхода инструмента при сверлении четырех групп конструкционных сталей;

— разработать рекомендации по применению различных марок быстрорежущих сталей для изготовления спиральных сверл;

— определить значения теплофизических характеристик четырех различных марок быстрорежущих сталей в диапазоне температур от 470° до 925°K, которые могут быть использованы при расчетах температурного состояния инструмента других типов.

Реализация результатов работы. Полученные исходные данные были использованы при разработке нормативов по износу, стойкости и расходу спиральных сверл, выпущенных ГСПКТБ «Оргприминструмент» в 1980 году, и в подготавливаемых к выпуску нормативов по режимам резания спиральными сверлами.

Рекомендации по оптимизации режимов сверления сталей разных групп обрабатываемости и выбору марки быстрорежущей стали обеспечили на Курганском машиностроительном заводе имени В. И. Ленина годовой экономический эффект более 21 тыс. рублей.

Апробация работы. Отдельные разделы работы были доложены и обсуждены на: зональных конференциях по итогам работ заводских лабораторий резания, вузов, НИИ и предприятий в г. Свердловске, 1976—1977 гг., Республиканской юбилейной научно-технической конференции в Нальчике, 1977 г., Всесоюзной научно-технической конференции «Прогрессивные методы обработки труднообрабатываемых материалов на металлорежущих станках» в Жданове, 1980 г., на ежегодных научно-технических конференциях «Совершенствование процессов резания» в Кургане, 1974—1983 гг. Диссертация заслушана и рекомендована к защите на научных семинарах кафедры «Автоматизация и комплексная механизация машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Курганского машиностроительного института, кафедры «Теория механической обработки и инструменты» МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 9 в соавторстве.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 67 рисунков, 25 таблиц. Библиография содержит 101 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен обзор научных работ, посвященных исследованиям режущих свойств спиральных сверл, в том числе изготовленных из разных марок быстрорежущих сталей. Проанализированы существующие нормативные материалы для выбора режимов резания при сверлении и отмечены основные недостатки этих нормативов. На основе проведенного анализа выбраны обрабатываемые и инструментальные материалы для исследования. Обрабатываемыми материалами были выбраны типовые представители: углеродистых конструкционных сталей — сталь 45 по ГОСТ 1050-74, малолегированных хромистых — сталь 45Х по ГОСТ 4543-71, среднелегированных хромокремнистых — сталь 38ХС по ГОСТ 4543-71, высоколегированных нержавеющей мартенситного класса — сталь 20Х13 по ГОСТ 5632-72. В качестве инструментальных материалов выбраны: представители молибденовой группы — Р6М5 и Р8М3, ванадиевой — Р12Ф3, кобальтовой — Р6М5К5. Эталоны для сравнения служили: в качестве обрабатываемого материала — сталь 45, в качестве инструментального материала — сталь Р6М5.

Анализ современного состояния вопроса позволил сформулировать задачи данной работы, отвечающие поставленной цели:

Во второй главе представлена методика и результаты стойкостных исследований спиральных сверл, изготовленных из разных марок быстрорежущих сталей при обработке различных конструкционных сталей в широком диапазоне изменения скоростей резания и подач. Исследования проводились сверлами диаметром 14,5 мм, изготовленными в соответствии с ГОСТ 10903-77 на вертикально-сверлильном станке модели 2А150. Диапазоны исследованных режимов резания: для сталей 45 и 45Х скорость резания изменялась от 0,14 до 0,558 м/с, подача — от 0,19 до 0,4 мм/об, для стали 38ХС — от 0,095 до 0,378 м/с, подача — от 0,12 до 0,28 мм/об, для стали 20Х13 — от 0,095 до 0,256 м/с, подача — от 0,12 до 0,28 мм/об. В качестве СОЖ использовался 5% раствор эмульсола Э-2 в воде. Использовались контрольно-измерительные приборы: универсальный инструментальный микроскоп УИМ-21, микроскоп МИМ-7, индикаторы на магнитных стойках и др. За критерий затупления сверл был принят износ по задним поверхностям сверла, равный 0,6 мм.

Режущие свойства сверла характеризовались его стойкостью, выраженной в минутах машинного времени, а также наработкой за период стойкости или условной длиной просверленного за период стойкости сверла отверстия, выраженной в метрах. Условная длина просверленного за период стойкости сверла отверстия принималась в качестве основного критерия для оценки режущих свойств инструмента. Были получены зависимости T и L_0 от скорости резания V и подачи S_0 на оборот для всех сочетаний обрабатываемых и инструментальных материалов. Стойкостные исследования позволили сделать следующие заключения:

— зависимости $T = f(v)$ и $L_0 = f(v)$ имеют экстремальный характер. Анализ полученных зависимостей $L_0 = f(v)$ дал возможность определить скорости резания $V_{L_{\max}}$, при которых достигается максимальная наработка за период стойкости сверла. Значения $V_{L_{\max}}$ различны для различных обрабатываемых материалов. При сверлении стали 45 эта скорость равна 0,256 м/с, стали 45Х — 0,233 м/с, стали 38ХС — 0,18 м/с, стали 20Х13 — 0,1 м/с. Все полученные стойкостные зависимости аппроксимированы формулами, имеющими вид логарифмической показательной функции $T = A \cdot V^b \cdot e^{v^c}$, $L_0 = A_1 \cdot V^{b_1} \cdot e^{v^{c_1}}$. Значения постоянных коэффициентов и показателей степени для принятых математических моделей определялись на ЭВМ ЕС — 1020;

— быстрорежущие стали разного химического состава обеспечили получение максимумов зависимостей $L_0 = f(v)$ при одних и тех же скоростях $V_{L_{\max}}$. В зоне скоростей резания ниже $V_{L_{\max}}$ наиболее эффективными показали себя сверла из ванадиевой стали Р12Ф3, при работе на скоростях резания ~~на ванадиевых~~ — из кобальтовой стали Р6М5К5. Исследованные марки быстрорежущих сталей проявили себя одинаково при работе по всем исследованным обрабатываемым материалам;

— установлено, что зависимости $L_0 = f(S_0)$, в отличие от зависимостей $T = f(S_0)$, могут иметь различный характер. Если при увеличении подачи стойкость всегда уменьшается, то характер зависимости $L_0 = f(S_0)$ определяется диапазоном скоростей резания: при работе на низких скоростях резания с увеличением S_0 увеличивается и L_0 , при работе на средних скоростях резания зависимость $L_0 = f(S_0)$ имеет

экстремальный характер, и только при работе на высоких скоростях резания с увеличением S_0 наработка L_0 уменьшается.

Зависимости вида $L_0 = f(V, S_0)$, характеризующие одновременно влияние скорости резания и подачи, носят экстремальный характер. Они могут быть описаны формулой вида $L_0 = C_L \cdot V^{X_L} \cdot S_0^{Y_L} \cdot e^{P_L}$, где показатели степени, в свою очередь, зависят от параметров режимов резания, т. е. $X_L = f(S_0)$, $P_L = f(V, S_0)$, $Y_L = f(V)$. Поскольку зависимости $L_0 = f(V, S_0)$ носят экстремальный характер, то в каждом конкретном случае могут быть найдены сочетания V и S_0 , при которых может быть получена максимальная наработка.

Исследование зависимостей $L_0 = A_1 \cdot V^{b+1} \cdot e^{c \cdot P}$ на максимум при разных подачах, проведенное с помощью ЭВМ ЕС — 1020, позволило определить сочетание значений V и S_0 , обеспечивающее максимум зависимостей $L_0 = f(V, S_0)$ для всех пар обрабатываемых и инструментальных материалов. Разработан алгоритм поиска режимных параметров, обеспечивающих максимум функции $L_0 = f(V, S_0)$.

В третьей главе представлена методика проведения и результаты температурных исследований процесса сверления, а также исследований теплофизических характеристик инструментальных материалов.

В технической литературе практически отсутствуют данные об изменении теплофизических характеристик быстрорежущих сталей с различным химическим составом при их нагреве в закаленном состоянии. Поэтому совместно с ВНИИ инструмента выполнена работа, посвященная определению зависимости теплофизических характеристик закаленных быстрорежущих сталей от температуры. Исследования проводились на установке, позволившей на образцах изучить теплофизические характеристики методом радиальных температурных волн. Измерена теплопроводность и удельная теплоемкость исследуемых быстрорежущих сталей в диапазоне температур от 470° до 925°K, что примерно соответствует диапазону их рабочих температур резания. Эти исследования показали, что:

— при увеличении температуры коэффициент теплопроводности λ увеличивается, причем степень этого увеличения сильно зависит от химического состава быстрорежущей стали: для ванадиевой P12Ф3 λ увеличивается на 12%, в то время как у кобальтовой P6M5K5 λ увеличивается на 82%.

Получена зависимость для вычисления λ в виде $\lambda = C_Q \cdot Q^X$, где C_Q — коэффициент, характеризующий марку инструментального материала, Q — температура нагрева;

— удельная теплоемкость C при нагреве быстрорежущей стали также увеличивается, однако величина C практически не зависит от химического состава быстрорежущей стали. Получена зависимость для вычисления величины удельной теплоемкости.

В работе проведены исследования, позволившие выявить связь между теплофизическими характеристиками инструментального материала и температурой, возникающей при резании. Температура в зоне резания измерялась с помощью естественной термопары, а распределение температур вдоль тела сверла — с помощью искусственных вмонтированных на разных расстояниях от режущих лезвий хромель-копелевых термопар. Термопары располагались в канавках, вышлифованных вдоль спинки сверла. Экспериментальные сверла устанавливались в специально сконструированном шестиканальном токоъемнике. Показания термопар регистрировались осциллографом модели НО 41У.2. Подача сверла изменялась от 0,12 до 0,4 мм/об, а скорость резания — от 0,14 до 0,558 м/с.

В результате проведения температурных исследований определены зависимости: температуры в зоне резания от скорости резания, подачи, времени работы сверла, расстояния от вершины сверла до точки измерения температуры. Характер всех полученных зависимостей в значительной мере зависит от химического состава быстрорежущей стали. Эксперименты показали, что существует четко выраженная связь между температурой и химическим составом быстрорежущей стали:

— наивысшие температуры в зоне резания имеют сверла, изготовленные из ванадиевой стали Р12Ф3, а самые низкие температуры — из кобальтовой быстрорежущей стали Р6М5К5;

— время стабилизации температуры в теле сверла наименьшее у сверл из кобальтовой стали Р6М5К5, а наибольшее — у сверл из ванадиевой стали Р12Ф3;

— градиент температур вдоль оси сверла самый значительный у сверл, изготовленных из стали Р12Ф3, а наименьший — из кобальтовой быстрорежущей стали Р6М5К5.

В результате математической обработки экспериментальных данных получена обобщенная зависимость температуры в зоне резания от используемых режимов резания с учетом марки инструментального материала $Q = C^1_Q \cdot V^x \cdot S_0^y \cdot K_Q$. Где K_Q — коэффициент, учитывающий марку инструментального материала, значения C^1_Q , x , y , K_Q определены для всех сочетаний инструментального и обрабатываемого материалов.

В четвертой главе описана методика проведения и результаты исследования износостойкости быстрорежущих сталей при трении по сталям разных групп обрабатываемости. Эксперименты проведены на установке, моделирующей процесс трения и износа на рабочих поверхностях инструмента. Она сконструирована на базе токарно-винторезного станка модели 1К62 с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя и позволяла исследовать коэффициенты трения, износостойкость инструментального материала и относительную истирающую способность обрабатываемого материала при разных давлениях в зоне контакта и скорости скольжения образца. Исследования износостойкости проведены для всех исследованных сочетаний инструментальных и обрабатываемых материалов в диапазоне скоростей трения от 0,083 до 2 м/с с давлениями в пределах от $1 \cdot 10^8$ Па до $3 \cdot 10^8$ Па.

В результате проведенных исследований установлено, что:

- зависимости износостойкости B от скорости трения V имеют экстремальный характер и могут быть описаны с помощью логарифмической показательной функции вида $B = C \cdot V^a \cdot e^{-(V/b)}$. Характер зависимостей $B = f(V)$ аналогичен для всех сочетаний истирающих и истираемых материалов;

- в зоне низких скоростей трения максимальную износостойкость имеет ванадиевая быстрорежущая сталь Р12Ф3, а в зоне высоких скоростей трения — кобальтовая сталь Р6М5К5;

- величина давления в точке контакта изменяет только величину B , а на характер зависимости $B = f(V)$ не влияет. Чем больше величина давления, тем меньше износостойкость;

- с ухудшением обрабатываемости истирающего материала износостойкость всех исследованных быстрорежущих сталей уменьшается;

- зависимость коэффициента трения M от скорости трения имеет немонотонный характер с максимумами на скоро-

стях трения 0,333 и 2 м/с и с минимумами на скоростях — 0,166 и 1,333 м/с;

— коэффициент трения практически не зависит от химического состава быстрорежущей стали.

В пятой главе проведен анализ взаимосвязи между температурными явлениями, износостойкостью инструментального материала и стойкостью инструмента. Этот анализ позволил объяснить и обосновать стойкостные зависимости, полученные для сверл, изготовленных из разных марок быстрорежущих сталей.

Сравнение зависимости $L_0 = f(V)$ и $B = f(V)$ показывает качественное совпадение их характера, а именно:

— зависимости имеют экстремальный характер, причем наработка $L_{\max}$ и износостойкость $B_{\max}$ получаются при определенных скоростях резания и трения, не зависящих от состава быстрорежущей стали;

— значения скорости резания, обеспечивающей $L_{\max}$ и скорости трения, обеспечивающей $B_{\max}$, зависят от марки обрабатываемого материала, причем степень уменьшения значений L и B при переходе на материалы худшей обрабатываемости примерно одинакова;

— в зоне низких скоростей резания и трения максимальные значения L и B по всем обрабатываемым материалам обеспечивают сверла и образцы из ванадиевой быстрорежущей стали P12Ф3, а в зоне высоких скоростей — из кобальтовой стали P6M5K5.

Таким образом, получено экспериментальное доказательство того, что закономерности износа контактных поверхностей образцов, полученные на моделирующей установке, лежат в основе выявленных закономерностей изменения наработки за период стойкости сверла при изменении скорости резания.

Различия в эффективности использования быстрорежущих сталей различного химического состава в различных скоростных диапазонах объясняется различным температурным состоянием рабочих поверхностей. Кобальтовая быстрорежущая сталь при нагреве резко меняет свои теплофизические характеристики. Поэтому разница в температурах резания у сверл, изготовленных из разных быстрорежущих сталей, особенно заметна при работе на высоких режимах резания, когда благодаря увеличению теплопроводности значительное количе-

ство образовавшегося тепла отводится через тело инструмента. В зоне низких скоростей резания, когда температуры невысоки и разница в нагреве сверл, изготовленных из разных быстрорежущих сталей, незначительна, разное температурное состояние не может служить причиной разной интенсивности износа. В этих условиях высокая износостойкость ванадиевых быстрорежущих сталей приводит к меньшей интенсивности износа сверл из этих сталей при работе на низких скоростях резания. Только при переходе к более высоким скоростям резания начинает доминировать температурный фактор, и в этих условиях кобальтовые быстрорежущие стали более работоспособны, чем ванадиевые. Это подтверждается также исследованиями работы сверл разных диаметров. Например, за счет ухудшенного теплоотвода сверла малых диаметров, изготовленные из малотеплопроводной ванадиевой стали Р12Ф3, имеют стойкость ниже, чем сверла из высоко-теплопроводной быстрорежущей кобальтовой стали Р6М5К5.

Корреляционная обработка результатов исследований стойкости сверл и износостойкости инструментального материала с учетом теплофизических характеристик быстрорежущих сталей позволила получить математическую модель стойкостью зависимости в виде:

$$T = F \cdot [(P \cdot S_0 + N) \cdot (V + LV)]^k \cdot e^{-N(P \cdot S_0 + N)(V + L \cdot V)}$$

Где первый сомножитель зависимости учитывает влияние износостойкости инструментального материала, а второй — его теплофизические характеристики и их изменение при изменении температуры резания. Полученная модель позволяет прогнозировать режущие способности новых марок инструментальных материалов.

Таким образом, выявлена и объяснена связь химического состава инструментального материала с эффективностью его использования в разных условиях эксплуатации инструмента.

В шестой главе рассмотрены вопросы практической реализации результатов работы. В первом разделе главы описаны результаты проделанной работы по разработке структуры и информационного обеспечения нормативов по износу, стойкости и расходу спиральных сверл. В выпущенных ГСПКБТБ «Оргприминструмент» общемашиностроительных нормативах по износу, стойкости и расходу спиральных сверл (НИИмаш, М., 1980) для условий серийного и массового производства искомые показатели определяются в зависимости от значений стойкости сверл, группы обрабатываемого материала и режу-

щей части спирального сверла. В опубликованных нормативах результаты настоящего исследования использованы при выборе:

- критериев затупления спиральных сверл;
- величин стачивания за переточку;
- периодов стойкости спиральных сверл;
- диапазонов скоростей резания;
- значений коэффициентов случайной убыли инструмента.

Во втором разделе главы даны рекомендации по использованию результатов выполненной работы для разработки нормативов по режимам сверления. Результаты проведенной работы можно сформулировать следующим образом:

— наиболее наглядным показателем режущих свойств сверла следует считать общую условную длину просверленного за период стойкости сверла отверстия L_0 . Этот показатель рекомендуется включать в нормативные таблицы и при отсутствии дополнительных критериев выбранные режимы резания должны обеспечить максимальное значение L_0 ;

— наиболее удобным качественным и количественным показателем интенсивности процесса сверления является скорость подачи сверла S_m ; значение ее также должно быть приведено в нормативах. Этот показатель весьма удобен и при технологических расчетах: он позволяет быстро определить машинное время t_0 , связывает параметры T и L_0 , упрощает приближенный выбор необходимых режимов резания при заданной сменной выработке и т. п.;

— для каждой группы обрабатываемого материала значение подачи S_0 , при которой обеспечивается $L_{0 \max}$, может быть приближенно определено, исходя из величины диаметра сверла, по эмпирической зависимости $S_{0 \max} \approx K_s \cdot d$, где d — диаметр сверла в мм, K_s — коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал (для стали типа 45 он равен 0,02; для стали типа 45X — 0,013; для стали типа 38XC — 0,01; для стали типа 20X13 — 0,0085);

— полученные в работе зависимости $L_0 = f(V, S_0)$ позволили рекомендовать для использования в нормативных таблицах три значения подачи, которые необходимо рассматривать при выборе режимов резания: среднее, подсчитанное по формуле $S_0 = K_s \cdot d$ и уточненное в соответствии с паспортными данными станка, а также два соседние паспортные значения подачи, одно из которых больше, а другое меньше установленного по вышеуказанной формуле;

— полученные в результате проведения стойкостных экспериментов значения $V_{L \max}$ характеризуют нижнюю границу нормативного скоростного диапазона для случая работы на универсальном оборудовании. Анализ результатов стойкостных экспериментов показал, что при выборе режимов резания рационально использовать три значения частоты вращения шпинделя, меньшее из которых соответствует $V_{L \max}$;

— определены значения поправочных коэффициентов на стойкость K_{MT} или общую длину просверленного за период стойкости сверла отверстия K_{ML} и на скорость резания K_v учитывающие марку быстрорежущей стали. Значения K_{MT} и K_{ML} меняют свою величину при изменении скорости резания в исследованном диапазоне примерно в два раза в зависимости от марки инструментального и обрабатываемого материала. Степень изменения величины K_{MT} , K_{ML} и K_v увеличивается при ухудшении обрабатываемости материала. Известные нормативные материалы никак не учитывают факта непостоянства значений K_{MT} , K_{ML} и K_v . Полученные в работе значения K_{MT} , K_{ML} и K_v могут быть использованы в новых нормативах по режимам сверления;

— проанализирована и обоснована возможность и допустимость использования поправочных коэффициентов на скорость резания или стойкость при переходе от материалов одной группы обрабатываемости к другой. Определены значения поправочных коэффициентов на стойкость K_T и K_L при постоянной скорости резания, а также поправочных коэффициентов на скорость резания K_v при заданных значениях стойкости. Установлено, что значения коэффициентов K_v , K_T и K_L также будут зависеть от конкретных значений скорости резания и стойкости. Показано, что диапазоны нормативных скоростей резания для разных групп обрабатываемых материалов совпадают только частично, а сами зависимости имеют сложный характер, использование указанных поправочных коэффициентов возможно только для близких по обрабатываемости групп материалов. Определены диапазоны режимов резания, в которых возможно использование поправочных коэффициентов.

В экономическом разделе главы рассматривалась и количественно определялась экономическая эффективность от внедрения разработанных рекомендаций.

Внедрение результатов работы на Курганском машиностроительном заводе имени В. И. Ленина снизило себестоимость обработки одного отверстия на 33%, что обеспечило получение годового экономического эффекта, равного 21000 рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика комплексного исследования теплофизических свойств и износостойкости быстрорежущих сталей, а также температурного состояния и стойкости спиральных сверл позволила выявить и объяснить связь химического состава инструментального материала с эффективностью его использования в различных условиях эксплуатации.

2. Изучен характер и степень увеличения коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости быстрорежущих сталей различного химического состава при возрастании температуры. Теплопроводность сильно зависит от химического состава быстрорежущей стали: например, при увеличении температуры с 470° до 925°K коэффициент теплопроводности у стали Р12Ф3 возрастает на 12%, а у стали Р6М5К5 — на 82%.

3. Различная теплопроводность, а также разная степень ее изменения при изменении температуры у быстрорежущих сталей различного химического состава обуславливает характер температурного поля в инструменте, интенсивность отвода тепла через тело сверла и, в конечном итоге, температурное состояние режущей части инструмента. Использование более теплопроводной кобальтовой стали для изготовления сверл снижает температуру резания при сверлении на 15—25%.

4. Исследования износостойкости и коэффициента трения при различных давлениях и скоростях трения контактирующих поверхностей для всех сочетаний исследованных обрабатываемых и инструментальных материалов показали качественное совпадение характера зависимостей износостойкости образцов от скорости трения и стойкости сверл от скорости резания.

5. Разработана математическая модель стойкостной зависимости, позволяющая с учетом теплофизических характеристик и износостойкости инструментального материала прогнозировать режущие свойства спиральных сверл.

6. Установлены взаимосвязи скорости резания, подачи, химического состава инструментального и обрабатываемого материала с режущими свойствами сверл. На этой основе разработаны математические модели стойкостных зависимостей, которые реализованы с помощью ЭВМ ЕС — 1020.

7. Установлены значения скоростей резания и подач, обеспечивающих получение максимальной наработки за период стойкости сверл. Например, для сверления стали 45 скорость резания должна быть 0,26 м/с, стали 45Х — 0,23 м/с, стали 38ХС — 0,18 м/с, стали 20Х13 — 0,10 м/с.

8. Разработаны рекомендации по применению быстрорежущих сталей разного химического состава для изготовления спиральных сверл, используемых при обработке конструкционных материалов разных групп по обрабатываемости и в разных условиях сверления.

9. Для создания нормативов режимов сверления разработаны: критерии оценки эффективности работы спиральных сверл; принцип выбора подачи при сверлении и рекомендуемые диапазоны нормативных значений скоростей резания и подач для разных групп обрабатываемых материалов; значения поправочных коэффициентов, учитывающих инструментальный и обрабатываемый материал и допустимые пределы их использования; алгоритм расчета нормативных данных с использованием ЭВМ.

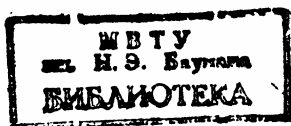
10. На основе проведенных исследований разработаны и внедрены «Общемашиностроительные нормативы по износу, стойкости и расходу спиральных сверл» (НИИмаш, М., 1980 г.).

11. Внедрение результатов работы на Курганском машиностроительном заводе имени В. И. Ленина обеспечило получение годового экономического эффекта в объеме 21000 рублей.

**Основные положения диссертации опубликованы
в следующих работах:**

1. Студенников Г. В., Котликова А. Л., Даниленко Б. Д. Исследование режущих свойств и износостойкости быстрорежущих сталей. — Известия вузов. Машиностроение, 1977, № 3, с. 172—175.

2. Студенников Г. В., Котликова А. Л., Даниленко Б. Д. Обрабатываемость сверлением стали 20Х13. — Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент. НИИмаш, 1977, № 10, с. 10—14.



3. Студенников Г. В., Котликова А. Л., Даниленко Б. Д. Взаимосвязь стойкости сверл и износостойкости быстрорежущих сталей. — Известия вузов. Машиностроение, 1978, № 4, с. 156—159.
4. Студенников Г. В., Павлова В. И., Котликова А. Л., Даниленко Б. Д. Взаимосвязь теплофизических свойств быстрорежущих сталей с температурным состоянием инструмента. — Труды ТПИ, Томск, 1978, с. 28—32.
5. Студенников Г. В. Влияние подточки передней поверхности на работоспособность спиральных сверл. — Известия вузов. Машиностроение, 1979, № 10, с. 144—146.
6. Студенников Г. В., Котликова А. Л., Даниленко Б. Д. Режущие свойства и износостойкость быстрорежущей стали Р6М5К5 при работе по хромистым сталям. — Труды ТПИ, Томск, 1979, с. 60—63.
7. Студенников Г. В. Влияние геометрических параметров режущей части на работоспособность спиральных сверл. — Труды ТПИ, Томск, 1979, с. 84—87.
8. Студенников Г. В. и др. Общемашиностроительные нормативы по износу, стойкости и расходу спиральных сверл. — М.: НИИмаш, 1980. — 39 с.
9. Студенников Г. В., Котликова А. Л., Даниленко Б. Д. Обрабатываемость сверлением конструкционных сталей. — Обработка резанием. НИИмаш, 1982, № 7, с. 1—4.
10. Студенников Г. В., Жилис В. И., Даниленко Б. Д. Оценка эффективности работы спирального сверла. — Труды ФПИ, Фрунзе, 1983, с. 80—86.
11. Студенников Г. В., Панов В. Г., Даниленко Б. Д. Выбор геометрических параметров и условий работы сверл при сверлении нержавеющей сталей. — Технология машиностроения для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов. — М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1983, № 9, с. 16—19.