

УДК 621.91.01

## МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ

**Э. Л. БЕКИРОВ, Э. Ш. ДЖЕМИЛОВ**

*Крымский инженерно-педагогический университет  
имени Февзи Якубова, г. Симферополь*

*Представлена методика для комплексного исследования операции сверления с использованием датчиков высокой точности и быстродействия для получения информации, адекватной протекающему процессу, которая позволяет за один проход инструмента снимать показания нескольких параметров с использованием различных смазочно-охлаждающих технологических средств.*

**Ключевые слова:** сверление, контактные давления, тензометрия, температура, крутящий момент, силы резания.

## INTEGRATED RESEARCH METHODOLOGY DRILLING PROCESS

**E. L. BEKIROV, E. SH. DZHEMILOV**

*Crimean Engineering and Pedagogical University  
the name of Fevzi Yakubov, Simferopol*

*Authors present a method for complex investigation of drilling operation with the use of sensors of high accuracy and speed to obtain information adequate to the resulting process, which allows to take readings of several parameters in a single pass of the tool using various lubricating and cooling technological means.*

**Keywords:** drilling, contact pressures, tensometry, temperature, torque, cutting forces.

### Введение

Обработка отверстий спиральными сверлами – одна из наиболее распространенных операций механической обработки. Процесс сверления связан с малой жесткостью инструмента, в результате чего формообразующие движения его вершины могут значительно отличаться от движений исполнительных органов технологического оборудования, вызывая тем самым развитие геометрических погрешностей отверстия.

Сверло является также наименее прочным элементов во всей технологической системе, поэтому возмущающие факторы, присущие процессу сверления, зачастую приводят к его поломке. С технологической точки зрения гарантировать требуемое качество отверстия после выполнения операции сверления достаточно трудно [1].

В настоящее время выполнен значительный объем научных исследований процесса сверления, позволивший оптимизировать их для обработки различных материалов.

Работы Е. С. Огневенко [2] посвящены разработке методики определения оптимальных режимов резания методом акустической эмиссии.

Способ бесконтактного определения температуры в зоне резания предложен К. В. Афанасьевым [3].

Экспериментальные исследования, позволяющие дифференцированно оценить влияние режущих и смазочных свойств смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) на процесс сверления, проводил А. Д. Шашин [4].

Анализ используемых методик показал, что они разработаны для исследования и определения конкретного параметра в процессе сверления.

Изучение механики контактного взаимодействия инструмента с деталью на основе теории упруго-пластического деформирования является актуальным направлением исследования.

Цель исследования – анализ процесса резания при сверлении по контактным нагрузкам, температуре, колебанию инструмента, крутящему моменту и составляющим силам резания.

Методы исследования – разработка на основе научных положений теории резания материалов и механики контактного взаимодействия при сверлении методики для комплексного исследования с использованием датчиков высокой точности и быстродействия с целью получения потока данных, адекватных протекающему процессу, которая позволит за один проход инструмента выявить зависимости между несколькими параметрами.

### **Основная часть**

Предлагаемая методика для исследования процесса сверления включает в себя сложный измерительный аппарат, регистрирующий за один проход инструмента сигналы пяти параметров.

Определение контактных давлений основано на измерении тензометрией с использованием тензорезисторов 2 ФКПА-5-100В.

Температура фиксируется искусственной термопарой «хромель – алюмель».

Для определения колебания инструмента за время сверления применяется индукционный датчик приближения XS4P12AB110.

Регистрация параметров сил резания и крутящего момента производится при помощи трехкомпонентного динамометра МЗО-3-6К.

Схема комплексного исследования процесса сверления представлена на рис. 1.

Для измерения величин контактных давлений необходимо предварительно провести тарировку тензорезисторов, наклеенных на наружной поверхности заготовки.

Жесткость формы заготовки не позволяет получить отклик тензорезистора от приложенной нагрузки.

Поэтому заготовка была разделена на два элемента из однородного материала: вал и втулку. После тарирования тензорезисторов, наклеенных на наружной поверхности втулки, вал устанавливается в отверстие с натягом (рис. 2).

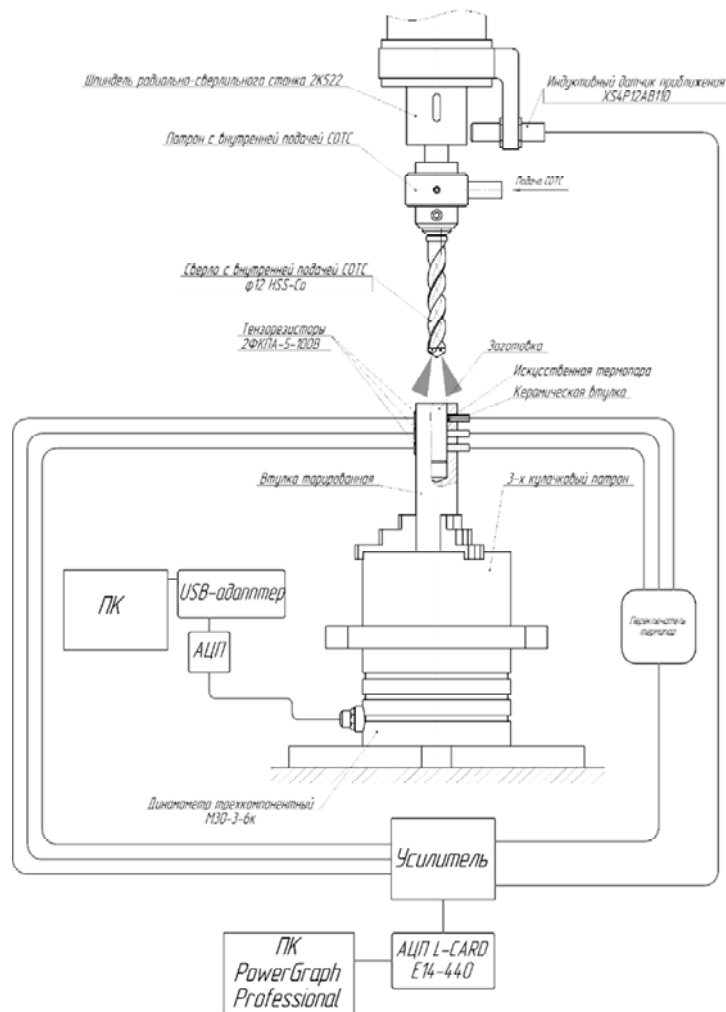


Рис. 1. Схема комплексного исследования процесса сверления

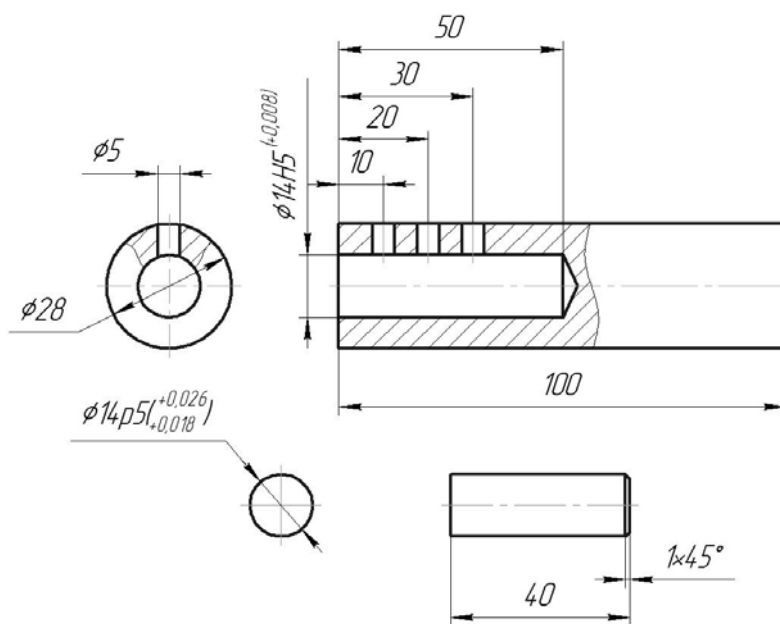


Рис. 2. Эскиз заготовки экспериментальной

При тарировании нагрузка производится динамометром ДОСМ-3-02 (рис. 3).

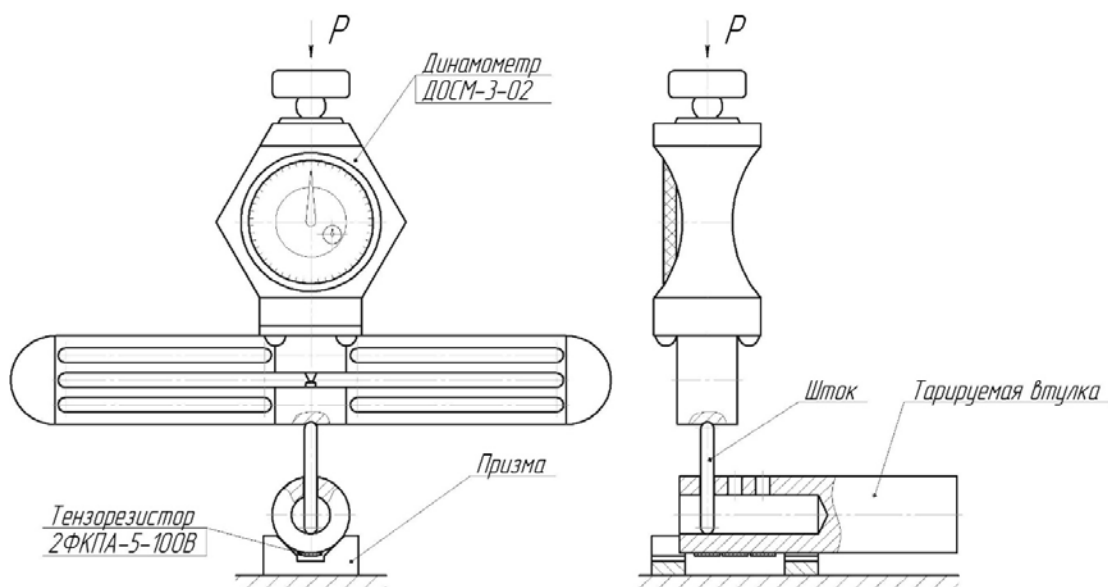


Рис. 3. Схема тарирования тензорезисторов

По представленным схемам изготовлены экспериментальные установки для выполнения тарировки (рис. 4) и проведения опытов в динамике (рис. 5).

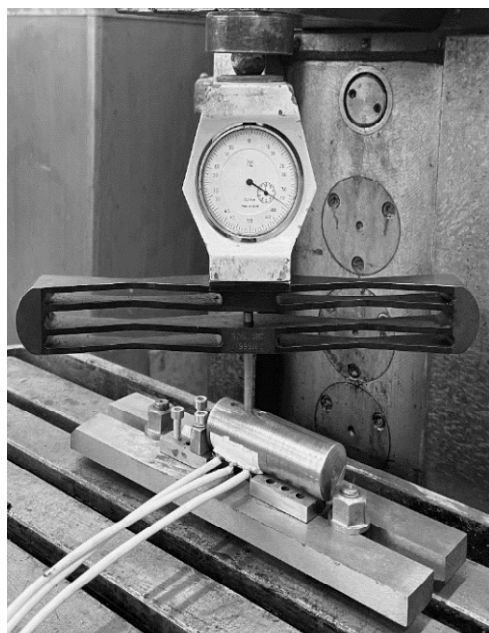


Рис. 4. Установка для тарирования тензорезисторов

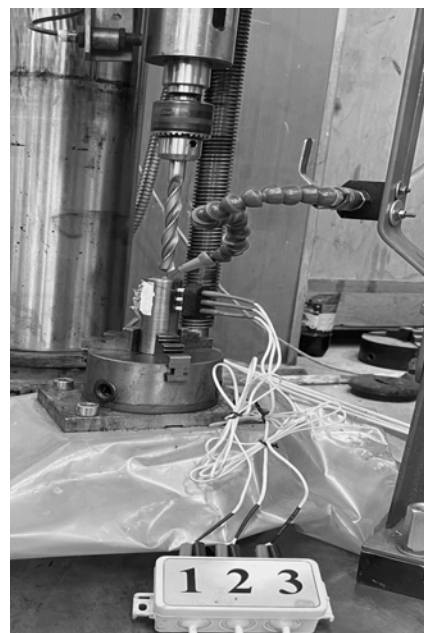


Рис. 5. Установка для проведения экспериментов в динамике

Выполнены испытания экспериментального стенда, установленного на радиально-сверлильном станке модели 2К522, и записаны сигналы исследуемых параметров (рис. 6 и 7).

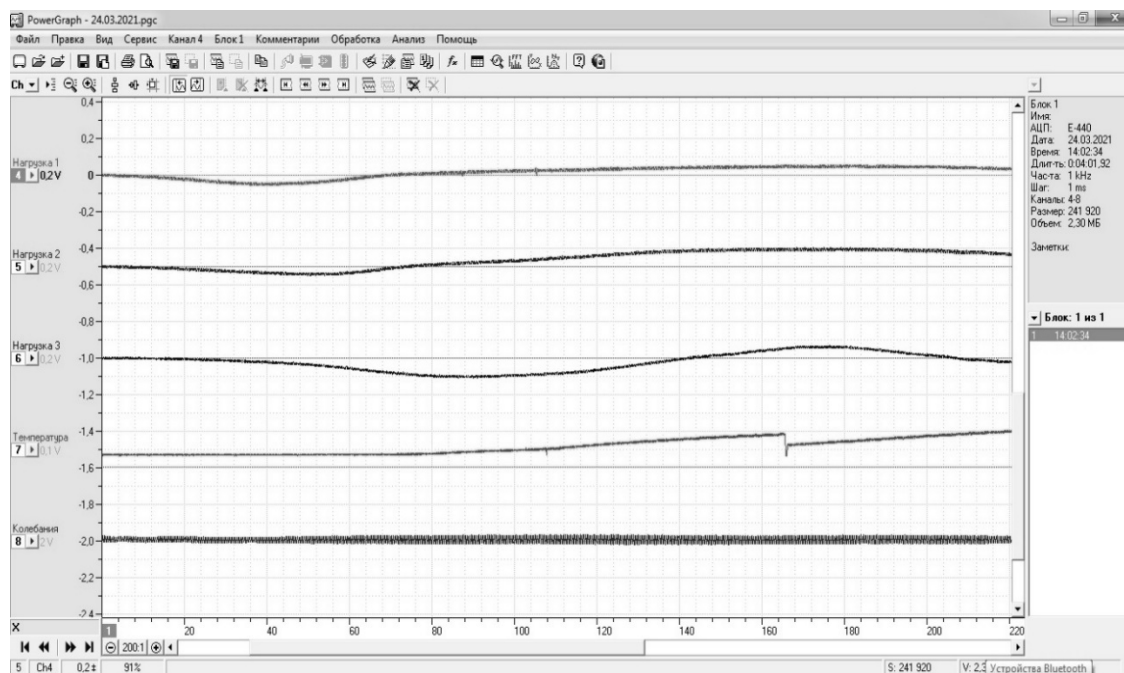


Рис. 6. Интерфейс отклика сигналов, выдаваемых тензорезисторами, термопарой и индуктивным датчиком приближения

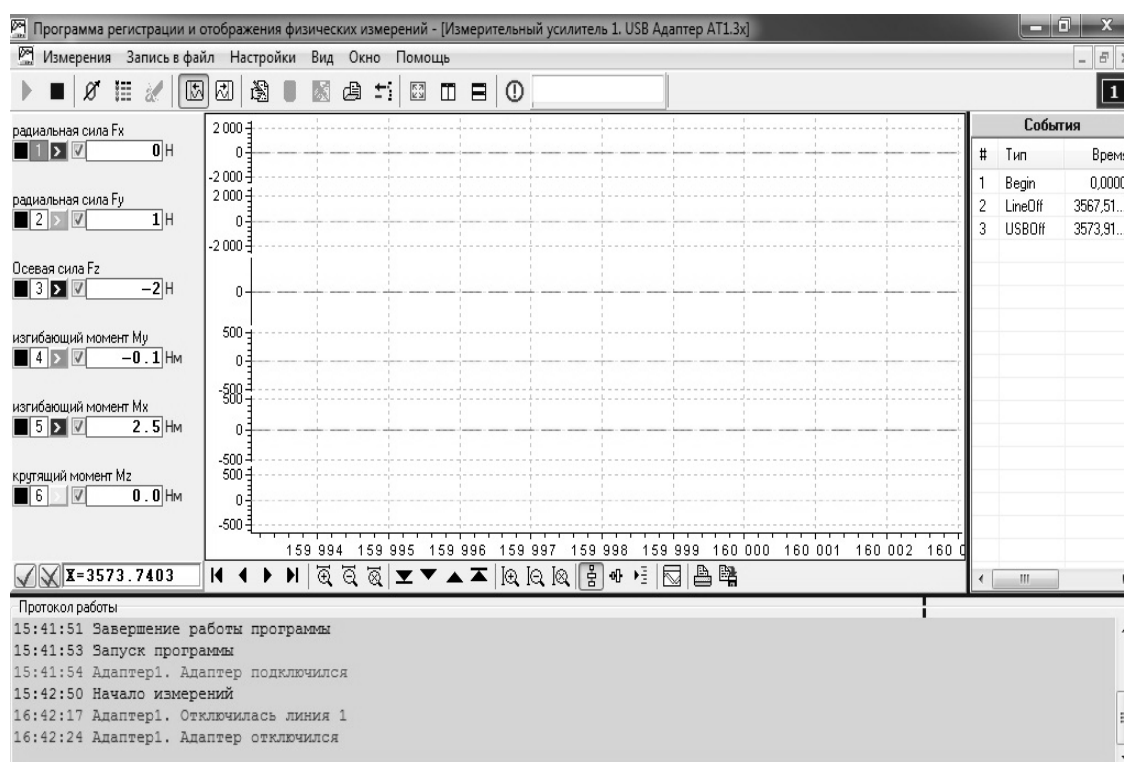


Рис. 7. Интерфейс отклика сигналов крутящего момента и составляющих силы резания

На начальном этапе проведения экспериментов в качестве материала обрабатываемой заготовки использовали Ст.40Х с применением смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) – Аквафриз-6.



а)



б)

Рис. 8. Инструменты, используемые для проведения экспериментов:  
а – сверло спиральное Р6М5 Ø 12 мм; б – сверло спиральное  
с внутренней подачей СОТС Р6М5 Ø 12 мм

Обработка выполнялась спиральным сверлом Р6М5 Ø 12 мм и сверлом спиральным с внутренней подачей СОТС Р6М5 Ø 12 мм (рис. 8).

Режимы резания были установлены производственные:  $V = 18,8$  м/мин;  $S = 0,1$  мм/об; давление подачи СОТС – 5,0 бар. Для обработки с внутренней подачей СОТС использовался усовершенствованный патрон (рис. 9).



Рис. 9. Патрон для внутренней подачи СОТС при сверлении

Полученные экспериментальные данные были обработаны с помощью программного обеспечения Power Graph Professional и результаты представлены на рис. 10.

В дальнейших исследованиях предполагается проведение экспериментов с заготовками из стали ШХ15 и 18ХН10Т и в качестве СОТС – масло минеральное, синтетическое и растительного происхождения.

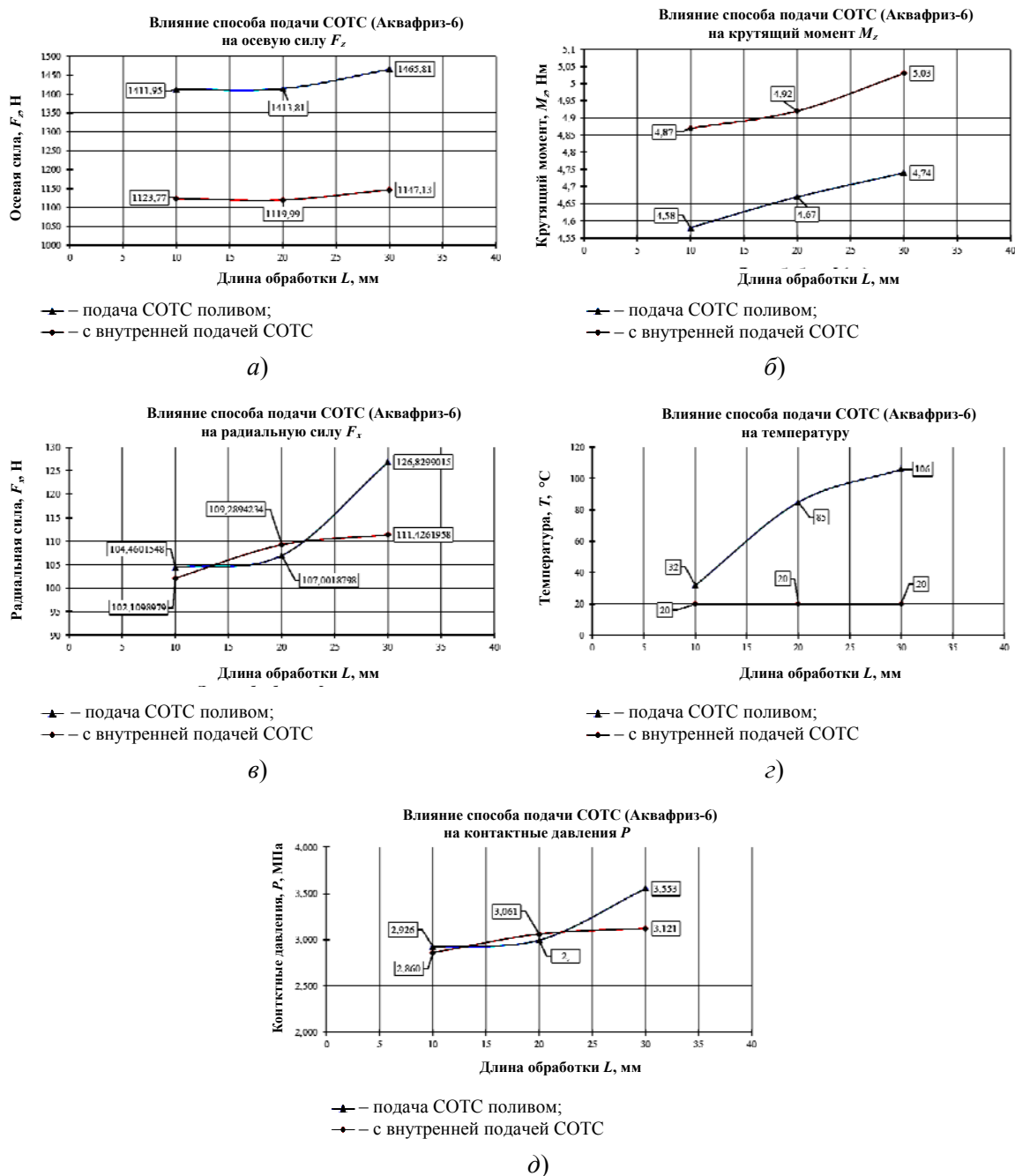


Рис. 10. Влияние способа подачи СОТС на исследуемые параметры резания при сверлении Ст.40Х:  
 а – осевую силу  $F_z$ ; б – радиальную силу  $F_x$ ; в – крутящий момент  $M_z$ ;  
 г – температуру; д – контактные давления

**Заключение**

Результаты проведенных экспериментов с использованием предлагаемой методики показали следующее:

1. Изменение осевой силы  $F_z$  при сверлении поливом и с внутренней подачей СОТС имеет одинаковый характер, но ее значения вдоль длины обработки при внутренней подаче СОТС меньше на 300 Н.

2. Радиальная составляющая силы резания  $F_x$  вдоль длины обработки при сверлении поливом увеличивается в пределах 20 Н, а при внутренней подаче СОТС – в пределах 10 Н.

3. Крутящий момент  $M_z$  вдоль длины обработки при сверлении поливом меньше в пределах 0,3 Нм в сравнении с внутренней подачей СОТС.

4. Полученные данные температуры показывают, что вдоль длины обработки при сверлении поливом она возрастает от 32 до 106 °С, а при внутренней подаче СОТС имеет стабильное значение – 20 °С.

5. Распределение контактного давления вдоль длины обработки находится в пределах:

– при сверлении поливом – 2,926÷3,553 МПа;

– при внутренней подаче СОТС – 2,86÷3,121 МПа.

6. При сравнении полученных результатов можно наблюдать эффективность сверления с внутренней подачей СОТС, что связано с упругопластическими деформациями процесса резания.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение качественных показателей (шероховатость, отклонение от круглости в различных сечениях, прямолинейность образующей обработанного отверстия).

Предполагается также проведение экспериментов с материалами ШХ15 и 12ХН10Т с применением различных СОТС на минеральной и синтетической основах, а также с точки зрения экологической безопасности – СОТС растительной природы.

Необходимо отметить, что при комплексном подходе к исследованию процесса сверления погрешности технологической системы равнозначны для всех определяемых значений параметров.

### Литература

1. Быкадор, В. С. Повышение точности обработки глубоких отверстий спиральными сверлами на основе раскрытия нелинейных эффектов динамики процесса : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.07 / В. С. Быкадор. – Ростов н/Д, 2011. – 242 с.
2. Огневенко, Е. С. Повышение производительности обработки отверстий путем выбора оптимальных режимов резания на основе анализа динамики процесса сверления : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.07 ; 05.02.08 / Е. С. Огневенко. – Барнаул, 2010. – 150 с.
3. Афанасьев, К. В. Диагностирование зоны резания методами бесконтактного контроля при сверлении углеродсодержащих сплавов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.07 / К. В. Афанасьев. – М., 2012. – 168 с.
4. Шашин, А. Д. Исследование влияния СОЖ на процесс взаимодействия инструмента и заготовки при обработке металлов резанием : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А. Д. Шашин. – М., 2003. – 118 с.

Дата получения 15.04.2021 г.