

УДК 681.5.08:621.95

Ю.Г. Паленный, А.П. Гнатюк, В.М. Жеглова, Д.С. Фоменко

Одесский национальный политехнический университет, Одесса

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ

На основе различных по своим функциональным предназначениям датчиков разработана информационно-измерительная система, позволяющая контролировать процесс глубокого сверления головками типа ВТА. Кроме того, данная система позволяет производить обработку, анализ измерительной информации и управление этим технологическим процессом. Контролируемыми параметрами процесса глубокого сверления являются: вибрация, температура, расход, ток и напряжение. Практической реализацией вышеприведенной системы является повышение долговечности инструмента за счет предотвращения его критического износа.

**Ключевые слова:** информационно-измерительная система, глубокое сверление, контроль, датчик, температура, вибрация, расход, ток, напряжение, инструменты одностороннего резания.

### Введение

Определяющим направлением развития машиностроения является внедрение в производство прогрессивных технологических процессов (ТП), одним из которых является сверление глубоких отверстий (ГО) инструментами одностороннего резания (ИОР). Данный ТП позволяет отказаться от ряда переходов традиционного ТП получения отверстий высокого качества (зацентровка-сверление спиральными сверлами, зенкерование, развертывание или растачивание) и сократить трудоемкость последующих доводочных технологических операций.

Для обработки ГО ИОР применяются специальные станки. Однако, эти станки недостаточно укомплектованы показывающей и следящей, за ходом ТП, аппаратурой. Так как данный ТП, по определению, закрытый, а стоимость ИОР достаточно высока, то отсутствие вышеуказанной аппаратуры приводит к неоправданному расходу ИОР, а значит к подорожанию выпускаемой продукции.

В связи вышеизложенным авторы данной статьи поставили себе задачу оснастить, экспериментальный станок для ГС мод. 2810П, предназначенный для обработки ГО головками типа ВТА(STS), системой контроля за протеканием ТП. Решение данной задачи осуществлялось с учетом:

- 1) минимизации материальных затрат;
- 2) простоты технической реализации;
- 3) простоты обслуживания;
- 4) разработки системы контроля, позволяющей предотвратить критический износ инструмента путем оперативной корректировки процесса обработки или аварийного останова подачи инструмента.

В настоящее время существуют различные системы активного контроля, обеспечивающие измерения отдельных параметров в процессе механической

обработки [1, 2], а также системы, позволяющие оперативно управлять ТП [3, 4]. Однако специфика обработки ГО ИОР, из-за закрытости протекания ТП, не приемлет многие уже имеющиеся подходы для решения поставленной задачи.

Косвенную информацию о состоянии режущей части сверлильной головки и о режимах резания несут физические величины, связанные с этим процессом, а именно: вибрации, усилия резания, количество тепла, расход смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС). Руководствуясь этим посылом было решено оснастить вышеуказанный станок системой датчиков, которая дала бы возможность определять эти физические величины в течении всего технологического цикла. Места установки датчиков на станке показаны на рис. 1. Рассмотрим более подробно функциональное предназначение каждого из этих датчиков.

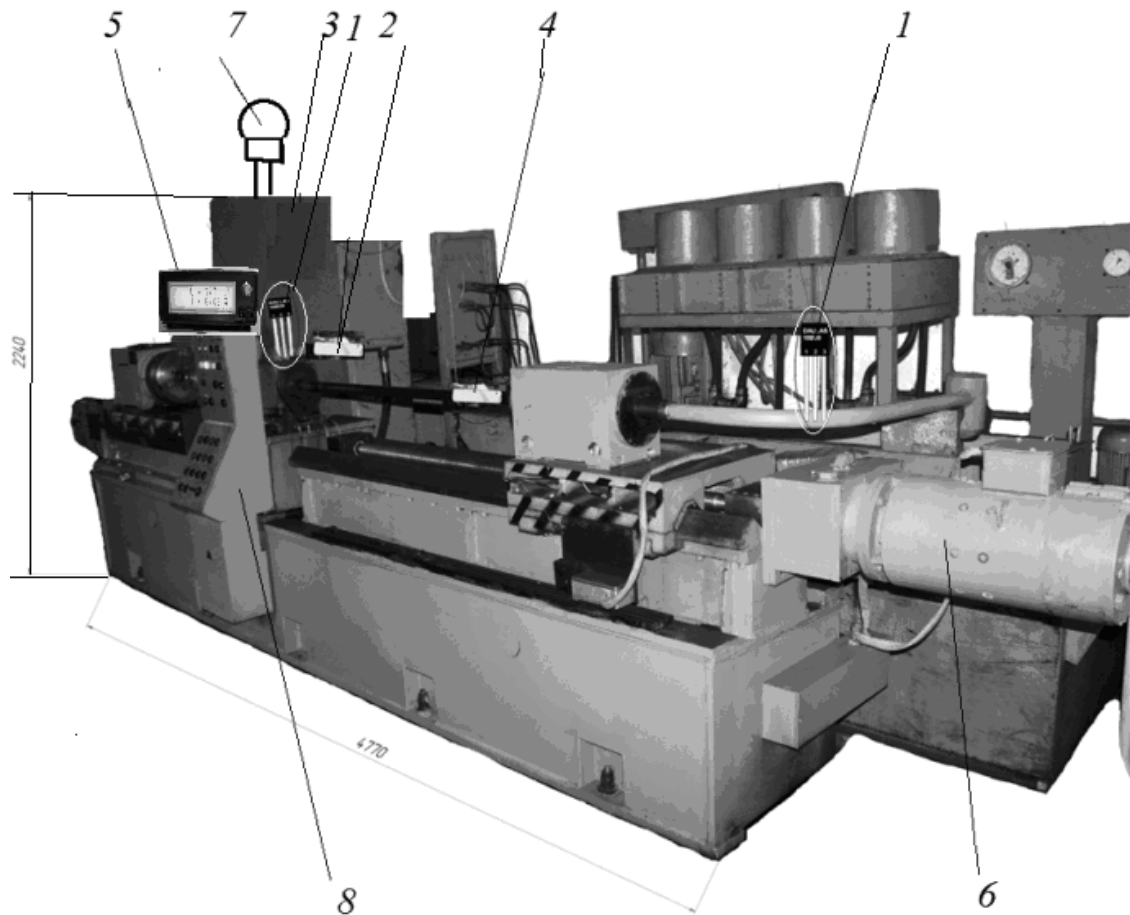
### Измерение количества тепла, выделяемого в зоне обработки

Работа привода станка в конечном итоге преобразуется в тепло, которое отводится из зоны обработки (ЗО) СОТС. В процессе резания из-за износа инструмента происходит изменение геометрии его режущей кромки, что ведет к дополнительному выделению тепла.

Количество тепла, выделяемого в процессе резания можно определить по результатам измерения расхода СОТС и ее температуры на входе и на выходе из ЗО. Изменение количества тепла позволяет косвенно оценивать износ режущих элементов.

Для измерения температуры используют различные датчики.

Учитывая то, что данные измерения необходимо постоянно обрабатывать, станок оснащен цифровыми датчиками температуры 1 мод. 18В20.



1 – датчики температури СОТС; 2 – датчик расхода СОТС; 3 – силовой шкаф; 4 – датчик вибраций; 5 – монитор; 6 – привод подачи инструмента; 7 – лампа аварийной сигнализации; 8 – пульт управления

Рис. 1. Станок мод. 2810П с измерительно-информационной системой

Кроме того, цифровые датчики удобно подключать к микроконтроллерам; для получения данных измерений нет необходимости использовать аналогово-цифровой преобразователь. Датчики подключены по трехпроводной шине 1-Wire (рис.2), что существенно упрощает монтаж элементов измерительной системы на станке.

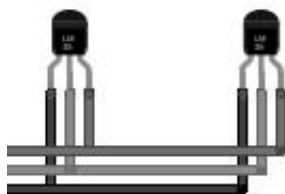


Рис. 2. Подключение датчиков температуры к шине 1-Wire

Для расчета количества тепла, кроме температуры необходимо измерять количество СОТС, проходящей через ЗО. Учитывая тот факт, что из ЗО пульпа (СОТС со стружкой) отводится по внутренней полости борштанги сверла (БС) и проконтролировать ее расход проблематично из-за наличия в СОТС стружки, не всегда в достаточной мере дробленной, было принято решение измерять расход СОТС до подачи ее в ЗО. В этом случае, при ста-

бильном дроблении стружки, ТП будет протекать в нормальном режиме, и датчик расхода СОТС будет показывать определенную величину. При некотором износе режущих элементов (РЭ) сверлильной головки стружка будет иметь вид не отдельно завитых гильз, а удаленной спирали или гофры. Чем больше будет износ РЭ, тем длиннее будет стружка и тем проблематичнее будет отводить ее через БС. В данном случае датчик расхода СОТС будет показывать заниженные значения расхода и, тем самым, будет сигнализировать на необходимость корректировки режимов резания или останова процесса сверления с целью замены сверлильной головки.

В качестве датчика для измерения расхода СОТС станок оснащен цифровым расходомером 2 мод. JNS-FM14 (рис. 3).



Рис. 3. Расходомер JNS-FM14

В указанных датчиках расход определяется по частоте вращения ротора в потоке. Датчик имеет высокую точность, небольшие размеры, выдает импульсный сигнал с частотой соответствующей частоте оборотов ротора, который легко можно считать и обработать любым микроконтроллером.

### Измерение вибраций

В процессе сверления измерение вибрации целесообразно проводить на БС.В зависимости от направления виброперемещения выделяют изгибные колебания сверла, крутильные колебания, а также осевые колебания. Из-за значительной длины БС (до 100D<sub>св</sub> и выше) её не высокой жесткости, амплитуда крутильных колебаний превышает амплитуду изгибных и осевых колебаний и поэтому используется для оценки вибрационной стабильности процесса резания. Для измерения крутильных колебаний на неподвижной БС (в нашем случае вращается деталь) установлен датчик вибрации 4, измерительная ось которого перпендикулярна продольной оси сверла и не пересекает её так, как это показано на рис. 4.

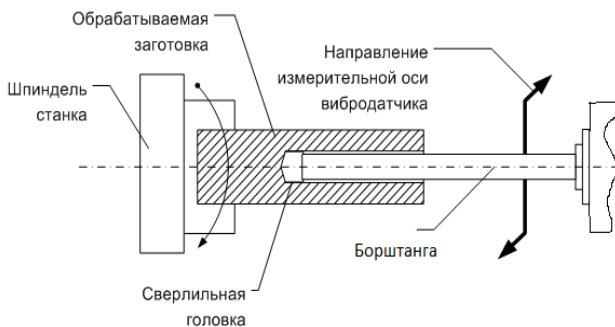


Рис. 4. Установка датчиков вибрации

Для измерения вибрации был использован пьезоэлектрический датчик вибрации сейсмического типа, мод. Minisense 100 производства Measurement Specialties (рис.5).



Рис. 5. Вибродатчик Minisense 100

Данный датчик имеет высокую чувствительность и точность. Амплитуда напряжения выходного сигнала датчика пропорциональна виброускорению объекта измерений.

Для передачи измерительного сигнала от датчика на аналогово-цифровой преобразователь его необходимо нормировать. Для этой цели был использован согласующий усилитель.

### Измерение усилия резания

Контроль усилия резания осуществляется путем измерения потребляемой мощности привода, которая определяется как функция от тока и напряжения.

Измерение тока потребляемого приводом выполнено датчиком мод. STC-013 (рис. 6).



Рис. 6. Датчик тока мод. STC-013

Данный датчик закреплен на силовые провода привода станка в силовом шкафу 3, не нарушая их изоляцию. Датчик применяется для измерения тока в широком диапазоне, от 0А до 100А и имеет на выходе сигнал пропорциональный силе тока, протекающего через силовой провод.

Для измерения силы тока с помощью аналогово-цифрового преобразователя, сигнал преобразуют в напряжение таким образом, что бы амплитуда его лежала в диапазоне от 0 до 5 В.

Для измерения напряжения в силовых цепях станка использовано согласующее устройство выполненное на базе понижающего трансформатора и расположенное в силовом шкафу 3 станка.

Выходной сигнал согласующего устройства, пропорциональный величине напряжения силовых цепей который поступает на аналогово-цифровой преобразователь измерительной системы.

Определив модели датчиков и их расположение на станке была разработана структурная схема информационно-измерительной системы (рис. 7).

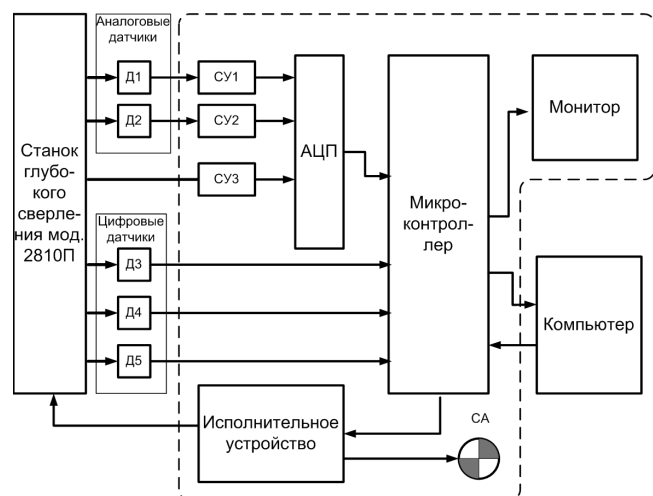


Рис. 7. Информационно-измерительная система (ИИС)

Опишем эту схему.

ИИС взаимодействует с объектом измерений – станком ГС мод. 2810П через датчики. Датчики Д1...Д2 преобразуют физические величины, характеризующие состояние объекта измерений в напряжение. Напряжение выхода датчика Д1 пропорционально виброускорению, действующему на датчик.

Для согласования выходного сигнала датчика Д1 и аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) применен согласующий усилитель СУ1. Таким же образом на АЦП подается сигнал датчика тока Д2 через согласующий усилитель СУ2.

Для измерения напряжения датчики не применяют, поскольку в этом случае нет необходимости преобразовывать измеряемую физическую величину в напряжение.

Для измерения напряжения применено согласующее устройство на базепонижающего трансформатора (СУ3), выход которого подключен к АЦП. Температура измеряется цифровыми датчиками Д3 и Д4, которые подключены к цифровым входам микроконтроллера. Измерение расхода СОТС выполняется датчиком Д5, выход которого так же подключен к цифровому входу микроконтроллера.

После обработки данных измерений по каждому датчику оперативная информация о состоянии объекта измерений выводится на монитор 5 (рис. 1). Для сбора и анализа измерительной информации к микроконтроллеру подключен компьютер.

В случае выхода режимов ТП за установленные параметры, микроконтроллер передает управляющий сигнал на исполнительное устройство для включения аварийной сигнализации 7 (рис. 1) и отключения привода подачи 6 (рис. 1) инструмента.

Все элементы, очерченные пунктирной линией на рис. 7 ИИС монтируются в едином корпусе (блоке), который устанавливается на пульте управления станком.

## Выводы

Применение ИИС для измерения вышеуказанных параметров в процессе проведения глубокого сверления позволило:

- 1) автоматизировать выполнение задач по измерению этих параметров;
- 2) оперативно производить анализ и обработку измеренной информации;
- 3) оперативно управлять процессом глубокого сверления.

## Список литературы

1. *Активный контроль размеров / Под ред. С.С. Волкова. – М.: Машиностроение, 1984 – 224 с.*
2. *Головко Д.Б. Основы метрологии та вимірювань / Д.Б. Головко, Г.К. Рего, Ю.О. Скрипник. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.*
3. *Пестунов В.М. Управление циклом процесса глубокого сверления / В.М. Пестунов, В.В. Свяцкий, Л.П. Свяцкая // Дни науки – 2006: – Матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ, 2006. – Т. 10.: техн. науки. – С. 8 – 11.*
4. *Пестунов В.М. Элементы системы СПИД, ограничивающие выходные характеристики процесса глубокого сверления / В.М. Пестунов, В.В. Свяцкий, Л.П. Свяцкая // Naukowymprogressnarubieżytyśiącleci – 2008: Materiały IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji – Tум 14. Technicznenaunki. – Str. 53 – 55.*

Поступила в редколлегию 11.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.С. Гутыря, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.

## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ

Ю.Г. Паленний, А.П. Гнатюк, В.М. Жеглова, Д.С. Фоменко

*На основі різних за своїми функціональним призначенням датчиків розроблена інформаційно-вимірювальна система, що дозволяє контролювати процесом протікання глибокого свердління головками типу ВТА. Крім того, дана система передбачає проводити обробку, аналіз вимірювальної інформації та управління цим технологічним процесом. Параметрами процесу глибокого свердління що контролюються є: вібрація, температура, витрати, струм, напруга. Практичною реалізацією вищенаведеної системи є підвищення довговічності інструменту за рахунок запобігання його критичного зносу.*

**Ключові слова:** інформаційно-вимірювальна система, глибоке свердління, контроль, датчик, температура, вібрація, витрата, струм, напруга, інструменти одностороннього різання.

## INFORMATION-MEASURING SYSTEM OF CONTROL OF THE DEEP HOLE DRILLING PROCESS

Y.I. Palennyu, A.P. Gnatyuk, V.M. Zheglova, D.S/ Fomenko

*On the basis of various functional purpose sensors designed information-measuring system that allows control of processes such as deep drilling by heads BTA. In addition, the system uses to produce an processing, analysis of measuring information, and management of this technologic process. The monitored parameters of deep hole drilling process are: vibration, temperature, flow of coolants, consumed current and voltage. The practical implementation of the above systems is to increase tool life by preventing its critical wear.*

**Keywords:** information-measuring system, deep-hole drilling, control, sensor, temperature, vibration, consumption, current, voltage, single cutting tools.