

# Модернизация сверлильного станка КД-46

«Станок четырехшпиндельный с ЧПУ для сверления печатных плат» модель КД-46, в 80-х годах прошлого столетия выпускаемый Каунасским станкостроительным объединением можно и спустя 3 десятилетия использовать в производстве печатных плат, если модернизировать ЧПУ и электронику приводов электрошпинделей. На рис.1 показан внешний вид исходного комплекта станка, в том числе два шкафа с электроникой: шкаф ЧПУ 2П22-1 с перфоленточной системой ввода программ сверления и электрошкаф с преобразователем частоты типа ПЧ-3,5-3200-1Р23 для питания электрошпинделей.

ЧПУ 2П22-1 предназначено для горизонтального позиционирования рабочего стола в соответствии с программой сверления посредством управления шаговыми двигателями (ШД) по координатам X и Y, а также для вертикального (координата Z) перемещения электрошпинделей типа АС72, выполняющих сверление отверстий. Все перемещения выполняются с помощью шести шестифазных шаговых двигателей типа ШД5 с током в фазе до 3 А. Привязка к начальным координатам и контроль перемещений, как рабочего стола, так и шпинделей обеспечивается с помощью индуктивных датчиков положения типа ПИЩ-6-1. Используются по 3 датчика на координатах X и Y и по два на приводах шпинделей, т.е. всего 14 датчиков. Общее потребление станком вместе с системой ЧПУ электроэнергии 4 кВт от 3-фазной сети 220/380 В.

В Институте ядерной физики СО РАН работы по модернизации станков КД-46 велись на протяжении ряда лет [1, 3] и выполнялись в несколько этапов. Окончательный вариант представлен на Рис. 2. Управление шаговыми

двигателями в режиме реального времени (интерполяция перемещения стола и электрошпинделей) выполняется с помощью персонального компьютера (ПК). Программное обеспечение работает под управлением системы MS DOS, и выполняет «пошаговое» управление перемещением стола и электрошпинделей вплоть до максимальной частоты (согласно паспорту ШД5) – 16000 шагов в секунду, причем ускорение и замедление также программируемое. Включение ПК в локальную сеть обеспечивает оперативный доступ к обрабатываемым программам, хранящимся в дисковом архиве. Электроника питания обмоток ШД5, выполнение алгоритмов пошагового управления, а также защита силовых элементов от перегрузки размещены в блоках электроприводов ЭШД5, разработанных в Институте ядерной физики [2].

Шесть блоков ЭШД5, блок связи с ПК и блок питания БПШД-1ф размещены в крейте конструктива «Вишня» (Рис. 3). Наиболее важные функции контроля (аварийная защита в том числе) исполняются автономно и не зависят от работы ПК.



Рис. 3. Крейт управления шаговыми двигателями

В электроприводе ЭШД5 используются современные MOSFET транзисторы и программируемая

логика (ПЛИС), что позволяет минимизировать габариты блока (ширина блока 40 мм), снизить потребляемую мощность, уменьшить сечение проводов в кабелях, повысить надежность и увеличить время безаварийной работы.

Блок связи с ПК содержит логику сопряжения с датчиками положения и связанной интерфейс системы «ДОЗА» [4].

Блок силового питания шаговых двигателей БПШД-1ф (Рис. 4) выполнен с использованием промышленных импульсных блоков питания (ИБП) типа S-350-48 со следующими характеристиками: входное напряжение 220 В (однофазное); выходное напряжение до 48 В; выходная мощность 350 Вт; КПД до 80 %.

В каждом БПШД-1ф установлено по два ИБП, у которых выходы соединены последовательно и отрегулированы на напряжение 80 В.

Крейт потребляет от однофазной электросети 0,6 кВт, а вместе с ПК и монитором – около 1 кВт.

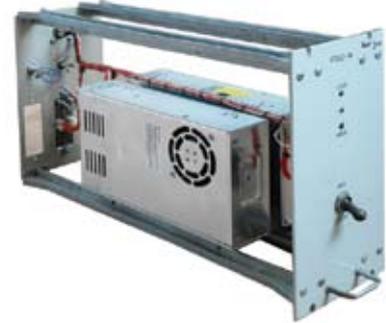


Рис. 4. Блок питания БПШД-1ф

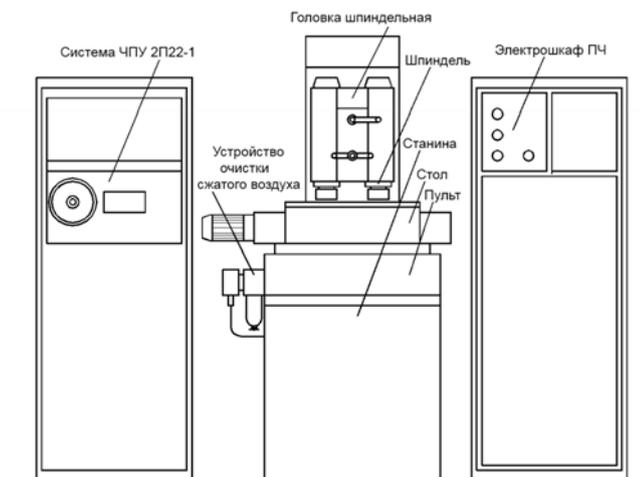


Рис. 1. Расположение составных частей станка КД-46 (прототип)



Рис. 2. Модернизированный комплект КД-46

Для питания электрошпинделей АС72 и управления ими применены преобразователи частоты (ПЧ) Commander SK типа SKA1200025 с номинальной выходной мощностью 0,25 кВт. Каждый шпиндель управляется отдельным преобразователем, что упростило системы коммутации и аварийной защиты. Благодаря небольшим габаритам ПЧ все они размещаются на правой панели станины станка (Рис. 5). Внутренности станины ранее занимал довольно внушительный кабельный коллектор, но т.к. по новой схеме каждый шаговый двигатель подключен одним многожильным кабелем непосредственно к блоку электропривода, надобность в коллекторе отпала. К тому же новые кабели меньшего сечения занимают гораздо меньше пространства внутри станины. Панель преобразователей частоты потребляет от однофазной электросети максимум 1,2 кВт (в том случае, когда все преобразователи включены).



Рис. 5. Панель преобразователей частоты

Таким образом, модернизированный станок потребляет от сети (к тому же не трехфазной, как у прототипа, а однофазной) почти вдвое меньшую мощность – максимум 2,2 кВт.

Следует отметить, что возможность переключения скорости вращения шпинделей программно от ПК не реализована. Это решение было принято сознательно, т.к. в станке КД-46 отсутствует функция автоматической смены инструмента. Инструмент заменяет оператор станка по команде на экране монитора. Следовательно, одновременное включение соответствующего блока ПЧ и переключение скорости вращения шпинделя не является чем-то, что может создавать проблемы в работе.

Существенно упрощен пульт управления (Рис. 6). На нем остались всего две кнопки – Включение станка и Выключение. Кроме этих кнопок на панели размещен манометр ДМ 2010 для измерения давления сжатого воздуха, который используется в воздушных опорах шпинделей. Отличительной особенностью манометра ДМ 2010 является то, что в него встроены электроконтакты, которые легко настраиваются на отключение питания ПЧ при уменьшении

давления ниже заданного порога. Это хотя и не исключает полностью возможность поломки сверла, но уберегает шпиндель от перегрева.



Рис. 6. Пульт управления

Следует упомянуть о замене громоздкого устройства очистки сжатого воздуха на более компактное устройство типа П-ППВ 16-12/10.

Кроме полной переработки электроники для минимизации ошибок позиционирования были выполнены следующие работы:

1. Проведено исследование точности срабатывания концевых датчиков ПИЩ-6-1. Напряжение питания датчиков стабилизировано.

2. Доработаны элементы позиционирования стола для уменьшения люф-

тов. Отработана методика регулировки подвижных элементов станка.

3. В программное обеспечение включены элементы контроля механики станка, как при начале, так и в процессе работы (сверления печатных плат).

4. Отработана методика измерений результатов работы станка с использованием автоматизированной измерительной системы OPTON WMM-850 (UPMC-850).

Некоторые технические параметры станка КД-46 (по технической документации на станок): Дискретность отсчета (перемещение по X и Y на 1 шаг шагового двигателя) – 0,005 мм; Точность линейного позиционирования стола по осям X и Y – 0,040 мм; Минимальный диаметр сверления – 0,8 мм.

Результаты измерений (Рис. 7) показали, что можно добиться точности системы позиционирования станка  $\delta = \pm 0,020$  мм, т.е. отклонение от центра не более 4 шагов. Для тонких сверл

**БЕСПЛАТНО** для иностранных участников >>> **IMTS.COM**

Где еще Вы сможете встретить те умы, которые продвигают производство вперед? Нигде, кроме как на IMTS 2014. Это неделя широкого просмотра технологии, науки и идей, с расчетом на сотрудничество как основу успеха и в пользу всех участников. Давайте соберемся в комплексе McCormick Place (Чикаго, США) с 8 по 13 сентября. Больше на сайте IMTS.com.

**РЕГИСТРАЦИЯ  
УЖЕ ОТКРЫТА**

**8-13 СЕНТЯБРЯ 2014 ГОДА  
MCCORMICK PLACE  
ЧИКАГО, ИЛЛИНОИС, США**



отклонение втрое больше из-за ухода (скольжения) сверла в процессе входа в материал (фольгированный стекло-текстолит). Отклонение по оси "Y" и наклон средней линии компенсируется программно.

Выводы:

1. Сверлильный станок в технологической цепочке занимает важное место, и от его правильной настройки в значительной степени зависит результат. В отличие от других источников ошибок, качество работы сверлильного станка можно измерить с высокой точностью и совершенно независимо от остальных этапов технологической цепочки. Кроме того, можно получить статистическую оценку ошибок (отклонений), привести их к виду, удобному для выявления причин и их устранения.

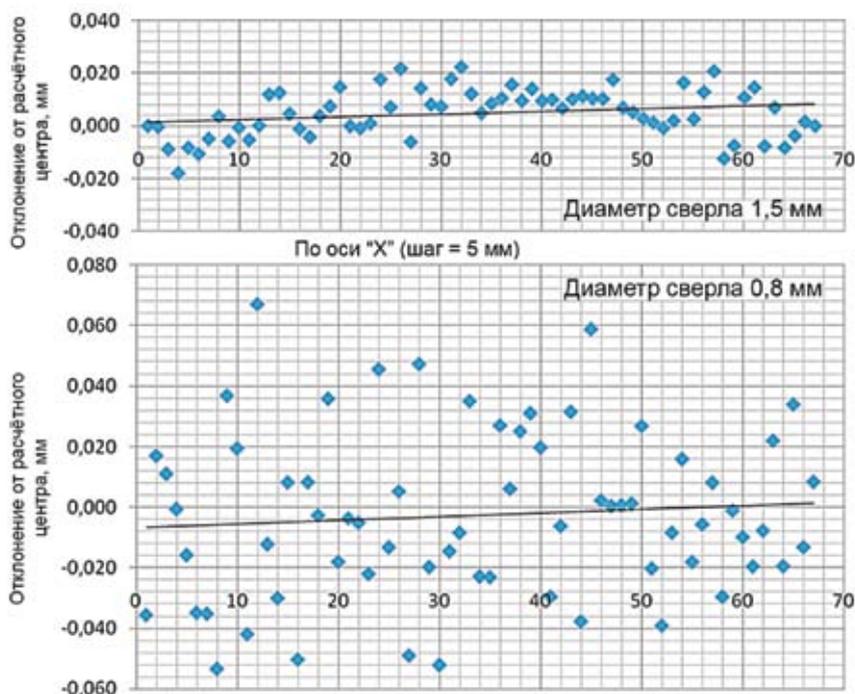


Рис. 7. Результаты измерений для сверл D=1,5 мм и D=0,8 мм

**БЕСПЛАТНО** для иностранных участников **IMTS.COM**

**РЕГИСТРАЦИЯ  
УЖЕ ОТКРЫТА**

Выставка IMTS – это ваш шанс увидеть мир производственных технологий, весь в одном месте. Познакомьтесь с новейшими разработками и достижениями современности, включая экспозицию Центра формирующихся технологий – Emerging Technology Center (ETC). Более 1900 экспонентов, разместившихся на более чем 100000 квадратных метров, представят огромный выбор новейшего оборудования, товаров и услуг.

- Общайтесь с передовыми производителями производственного оборудования из более чем 30 стран мира
- Сравните одни технологические решения с другими, все в одном месте, в одно время
- Налаживайте глобальные отношения и профессиональные связи

### Emerging Technology Center и другое

Центр формирующихся технологий Emerging Technology Center (ETC) был впервые представлен Ассоциацией AMT во время выставки IMTS в 2004 году. Центр призван обучать и информировать, а также вдохновлять инновационными производственными решениями. ETC нельзя пропустить, он слывет в мире демонстрациями грядущих технологий, которые в скором времени будут революционизировать производственные процессы.

Центр прогрессивного производства Advance Manufacturing Center (AMC) изучает новейшие тенденции и технологии ведущих производителей.

Центр современных технологий Today's Technology Center (TTC) представит вниманию пользователей из аэрокосмической, медицинской и автомобильной промышленности модель 2 : 1 марсохода и другие достижения производственных технологий. [IMTS.com/ETC](http://IMTS.com/ETC)

### Industrial Automation North America & MDA

Выставка Industrial Automation North America (IANA) и выставка Motion Drive & Automation North America (MDA NA) представят на IMTS сектор Ганноверской ярмарки HANNOVER MESSE, посвященный автоматизации процессов в производстве и строительстве.

Вам открывается рынок производства глобального порядка и его технологической автоматизации. Ознакомьтесь с решениями, которые будут представлены экспертами по автоматизации производства на конференциях и во время демонстрационных семинаров.

[IMTS.com/hannover](http://IMTS.com/hannover)

### Пригласительное письмо / Визы

Обращаем внимание иностранных посетителей и участников выставки, что правительство США учредило новые, более жесткие требования по отношению к визовым заявкам.

Дополнительную информацию Вы можете получить по ссылке [IMTS.com/visa](http://IMTS.com/visa)

### MyShow Planner

Эффективно спланируйте ваш график пользуясь MyShow Planner – он поможет найти интересные для Вас стенды и продукты. Сможете следить за мероприятиями, которые Вы намерены посетить, запланировать встречи и связаться с экспонентами до начала выставки. После выставки MyShow Planner напомнит с кем и о чем Вы общались. Подробнее по ссылке [IMTS.com/MyShow](http://IMTS.com/MyShow)

### Чикаго

Все, что хотите знать о городе Чикаго, его ресторанах, транспорте, магазинах, экскурсиях, музеях, ночной жизни, погоде и многом другом, вы сможете найти на специально созданном для IMTS сайте Chicago Convention & Tourism Bureau. В увлекательном виде сайт информирует о всем, что Вам может понадобиться. Обратите внимание на многочисленные предложения специально для участников IMTS. Посетите сайт [IMTS.com/Chicago](http://IMTS.com/Chicago)

2. Система позиционирования станка КД-46 обеспечивает достаточную точность ( $\delta = \pm 0,060$  мм – это всего 30% от ширины контактной площадки 0,2 мм), что вполне достаточно (укладывается в требования ГОСТ 23752-86 для 3-го класса точности: *минимальный размер гарантийного пояса  $b=0,1$  мм*).

3. Точность изготовления печатных плат (сверление отверстий, в частности) зависит от разных факторов, а не только от сверлильного станка, и не в последнюю очередь – от точности изготовления позитива и его позиционирования на заготовке печатной платы.

Неханевич Э. Л., к.т.н.,  
[nekhanev@inp.nsk.su](mailto:nekhanev@inp.nsk.su),  
Журавлёв В. А.

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН

Список литературы:

1. М. Н. Кондауров, С. В. Кротов. Автоматизированная подсистема сверловки печатных плат системы автоматизированного проектирования РЭА "Графика 11". Препринт 87-98 ИЯФ СО РАН, Новосибирск, 1987.
2. О. В. Беликов, Э. Л. Неханевич, Ш. Р. Сингатулин. Электропривод для шагового двигателя ШД5. Препринт 2002-66 ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, 2002.
3. О. В. Беликов, В. А. Журавлев, Э. Л. Неханевич, Модернизация системы ЧПУ сверлильного станка КД-46. Препринт 2007-23 ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, 2007.
4. Э. Л. Неханевич. Применение системы передачи данных ДЗОА в условиях промышленного производства. Препринт 2002-61 ИЯФ СО РАН, Новосибирск, 2002.