

УДК 621.960

СТАНКИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ: МОДЕРНИЗАЦИЯ

Емельянов С.А., специалист,
ЗАО «ДиаНа», г. Пенза
E-mail: esa@dianacnc.com
440046 г. Пенза, ул. Мира, 60

Аннотация. В статье проведен анализ различных поколений систем ЧПУ, начиная с 1990-х гг., показана структура системы, даны рекомендации по экономическому обоснованию целесообразности модернизации станков, а также приведены примеры модернизации многооперационного станка VM501ПМФ4.

Ключевые слова: модернизация, станки с ЧПУ, металлообработка.

NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOLS: MODERNISATION.

Emelianov S.A., specialist
JSC "DiaNa", city of Perm.

Lead. The article provides analysis of various generations of the NC-systems, starting from 1990; displays the structure of the system, gives recommendations on economical justification of the tools modernisation feasibility, as well as provides examples of multi-functional machine tool VM501PMF4.

Key words: modernisation, NC-tools, metal machining.

Можно выделить четыре поколения систем ЧПУ. Представленная в статье иерархия поколений не претендует на академичность, выражает субъективное мнение автора статьи и основана на личном опыте теоретической и практической работы более чем на 400 предприятиях советского и постсоветского пространства.

Под первым поколением здесь понимаются все системы ЧПУ, введенные в эксплуатацию до начала распада СССР, когда львиную долю составляли отечественные системы. Как правило, такие системы занимали отдельный шкаф. Исключение составляла система НЦ-31 и ее модификации, которые, по причине ограниченных возможностей, поместили в блок. Нет смысла перечислять все недостатки этих систем, их слишком много. Тем не менее, системы 1-го поколения до сих пор эксплуатируются на многих предприятиях.

Структурная схема станка с системой ЧПУ 2-го поколения показана на рис. 1. Конструктивной особенностью таких систем является наличие корзины (или корзин) с набором плат для соединения со станком и приводами, при этом промышленный компьютер может располагаться как в корзине, так и отдельно. Кроме этого, для систем ЧПУ 2-го поколения характерно наличие клавиатуры с большим числом функциональных полей, а также преимущественное использование дорогостоящих приводов постоянного тока. Очевидными недостатками систем 2-го поколения являются:

- наличие большого числа разъемных соединений (как известно, на неисправности разъемных соединений приходится более 90 % дефектов при эксплуатации систем ЧПУ);
- достаточно габаритная жесткая конструкция, ограничивающая возможности

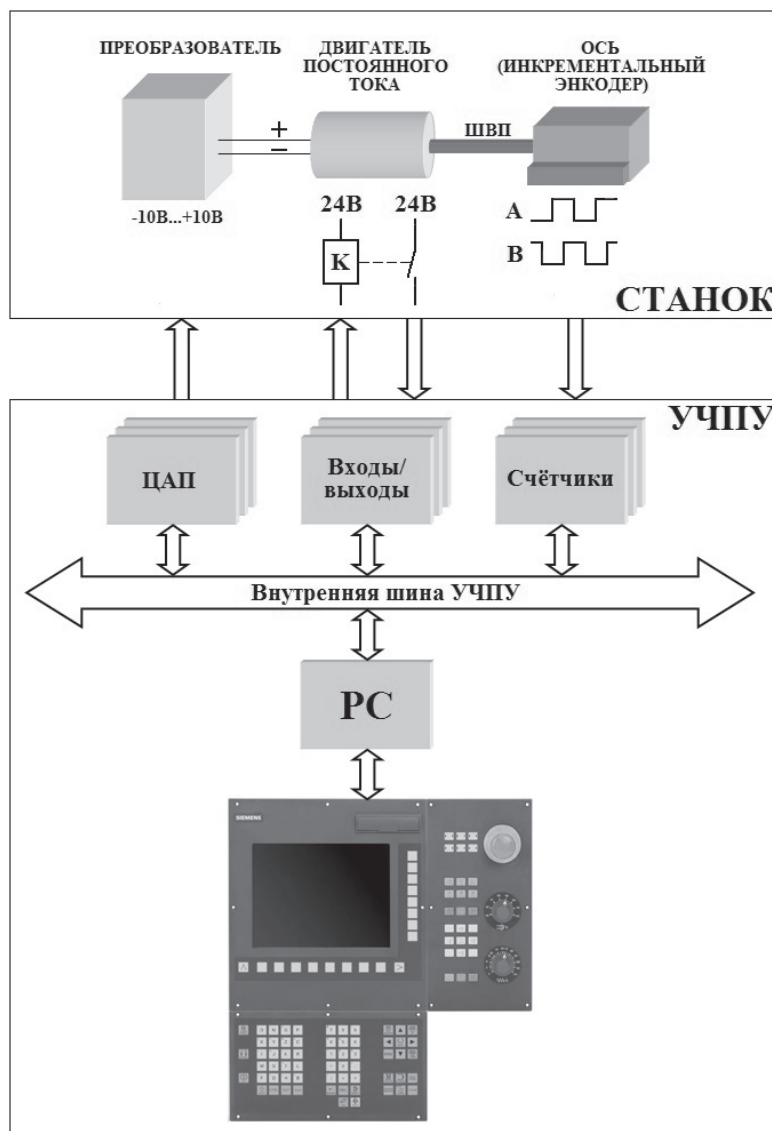


Рис. 1. Структурная схема станка с системой ЧПУ 2-го поколения

- конструктора при встраивании системы в конструктивы станка;
- сложности технического обслуживания, связанные с ограниченным доступом к элементам печатных плат (для доступа, как правило, используются специальные переходные платы, при этом дополнительные трудности доставляет возможное нарушение нормального функционирования, связанное с неизбежным в таком случае увеличением длины соединений);
- сложности организации интерфейса оператора (большое число функциональных полей требует дополнительных усилий при

освоении всех специальных возможностей системы, при этом отсутствие единого стандарта на расположение и состав клавиш усугубляют проблему).

Отдельной проблемой систем 2-го поколения является необходимость нахождения разумного компромисса между универсальностью системы программного управления и спецификой конкретного станка.

Эволюция станочного парка в большей степени связана с развитием электронной составляющей. Так, появление сенсорного монитора, стремительный прогресс частотных преобразователей и асинхронных двигателей

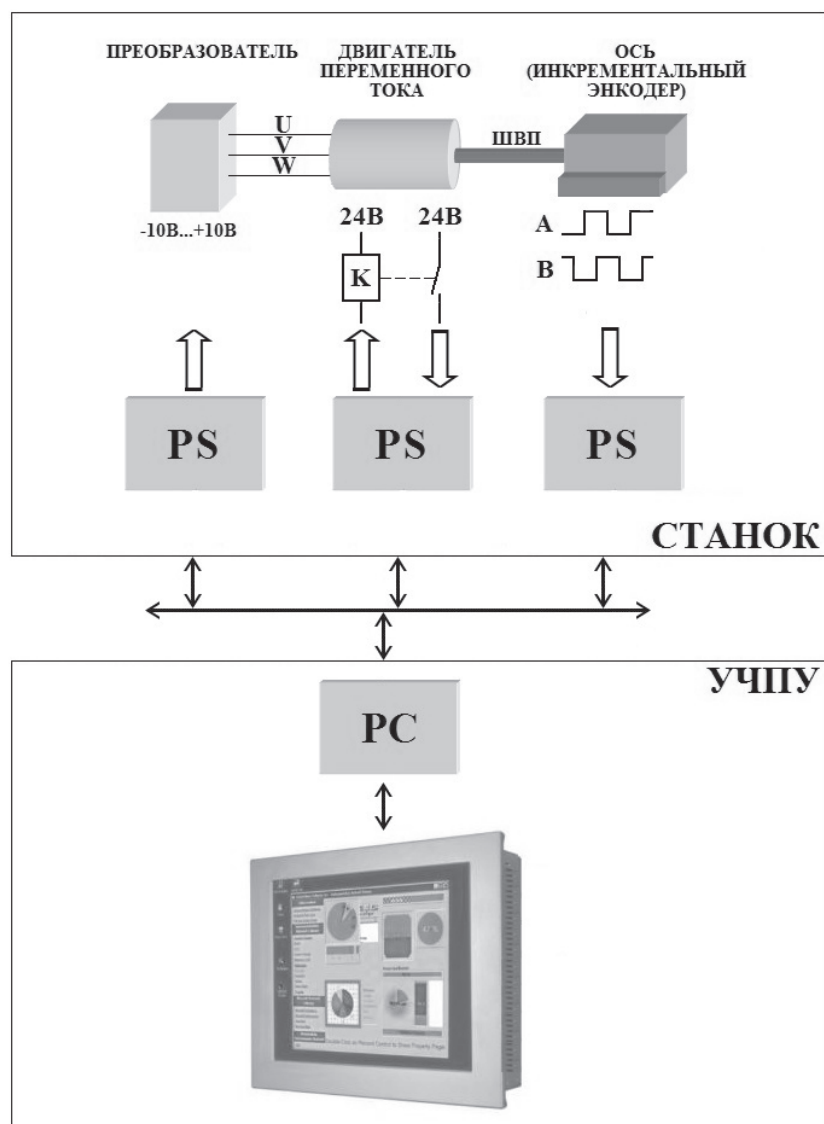


Рис. 2. Структурная схема станка с системой ЧПУ 3-го поколения

переменного тока, а также многократное увеличение скорости передачи данных по последовательным интерфейсам привели к появлению систем 3-го поколения, структурная схема которых показана на рис. 2. Проводя аналогию с технологией поверхностного монтажа при производстве печатных плат, системы ЧПУ 3-го поколения можно назвать «безкорпусными». Как правило, промышленный компьютер небольшого размера располагается в пульте оператора, а промышленные контроллеры связи со станком монтируются в непосредственной близости от исполнительных механизмов. Связь промышленного компьютера с промышленными контроллерами

осуществляется через промышленную сеть, которая часто организуется на основе стандартных сетевых протоколов. Системы ЧПУ 3-го поколения решают все выше перечисленные проблемы систем 2-го поколения. Отдельно хочется обратить внимание на принципиальную возможность разработки по-настоящему универсальной системы ЧПУ, подстраиваемой под особенности конкретного станка не введением дополнительных функциональных полей на клавиатуре (и, соответственно, изменением конструктива), а введением дополнительных виртуальных консолей в рамках универсального гибкого конструктива.

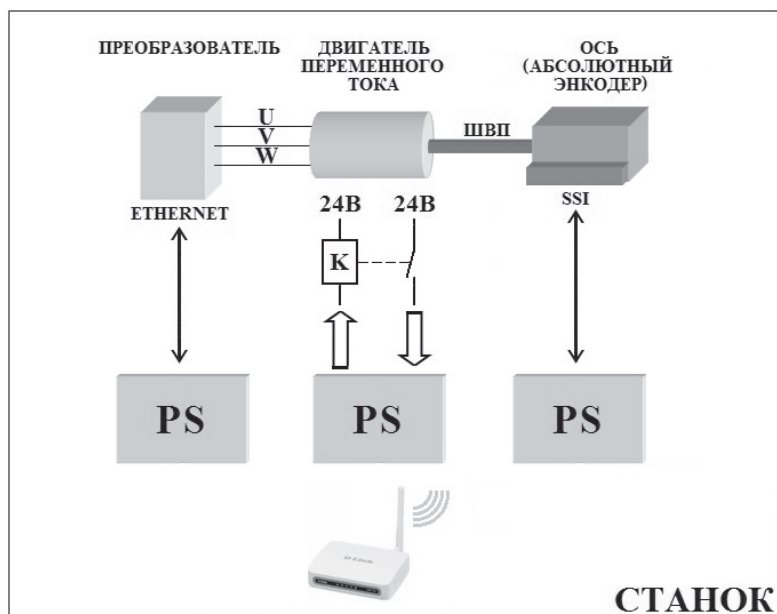


Рис. 3. Структурная схема станка с системой ЧПУ 4-го поколения

Становление 4-го поколения систем ЧПУ связано в первую очередь с развитием беспроводных информационных технологий. Это позволяет кардинально решить большинство проблем эксплуатации станков с ЧПУ, прежде всего обеспечить полноценный процессный подход, интегрируя по единым правилам различные аспекты общей задачи эксплуатации станка с ЧПУ: собственно обработку, наладку станка, подготовку, отладку и хранение управляющих программ, профилактику и ремонт устройства программного управления и узлов электроавтоматики, оперативный контроль состояния оборудования и программного обеспечения.

На рис. 3 показана структура системы ЧПУ 4-го поколения, на рис. 4 — одна из немногих отечественных систем 4-го поколения «ДиаНа-CNC». Отдельно хочется отметить возможность решения в рамках систем 4-го поколения одной из самых принципиальных и трудно решаемых в системах прежних поколений задач — ограничения доступа оператора к функциям станка, не имеющим отношения к обязанностям собственно оператора. В распоряжении оператора остаются только три кнопки: зажим заготовки/разжим детали (желтая), ПУСК (зеленая) и СТОП (красная). Все остальные органы управления реализованы на виртуальных консолях планшета. При этом, для

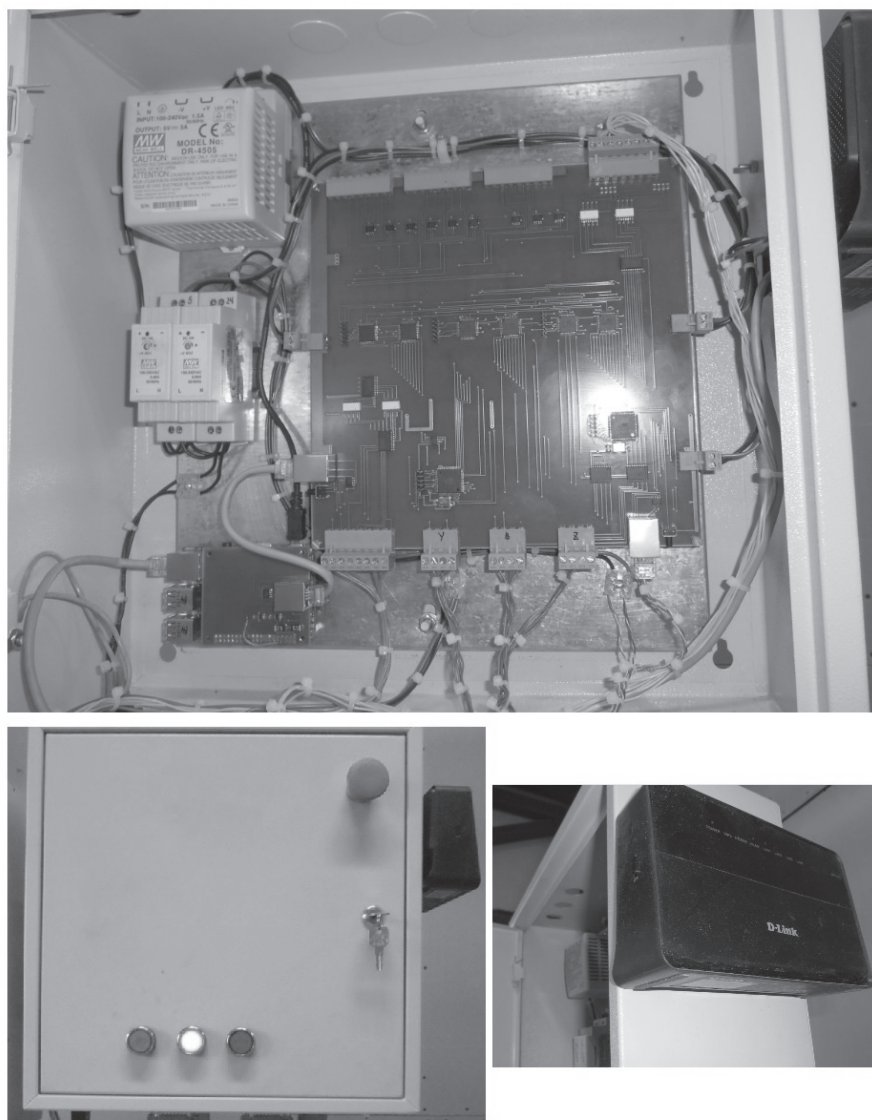


Рис. 4. Система ЧПУ 4-го поколения «ДиаНа-CNC»

полноценной реализации процессного подхода, доступ остальных аспектов эксплуатации к общим информационным ресурсам может быть ограничен использованием индивидуальных планшетов или персональных ключей iButton с уникальным цифровым кодом для каждого ключа (рис. 5). Такой подход значительно упрощает требования к квалификации оператора, существенно снижает вероятность ошибочных действий и полностью исключает вероятность несанкционированного вмешательства оператора (непрофессионального изменения параметров, привязки инструмента и управляющей программы).

Другой важной тенденцией эволюции станков с программным управлением является замена

инкрементальных энкодеров, узлов обратной связи по положению на абсолютные, причем это касается как круговых, так и линейных осей.

Модернизация электронной составляющей станков с программным управлением является самым доступным и наиболее эффективным способом поддержания станочного парка предприятия на конкурентоспособном уровне. Чтобы правильно подсчитать экономический эффект от модернизации того или иного оборудования, следует учитывать ряд специфических для конкретного предприятия показателей: загрузку станка, номенклатуру и трудоемкость изготавливаемых на станке деталей, уровень подготовки оператора, наладчика, программиста-

технолога, используемые процедуры подготовки управляющих программ и привязки инструмента, уникальность оборудования для данного предприятия. Нельзя дать общих рекомендаций для такого подсчета, все зависит от ситуации на конкретном предприятии, однако есть некоторые факторы, которые являются общими и могут быть учтены достаточно точно.

Прежде всего это экономия электроэнергии. Разница в энергопотреблении между системами 1-го и 4-го поколений может достигать 20–40 раз, только с учетом этой экономии капиталовложения на модернизацию могут окупиться за 1–2 года.

Другим фактором, который может позволить компенсировать расходы на модернизацию, является утилизация старого устройства программного управления. Прежде всего это относится к отечественным системам 1-го поколения, изготовленным до 1991 г. Бесспорными лидерами здесь являются системы MC2101, MC2106 с их большим количеством содержащих золото разъемов, а также стойки 2P22, 2C42 в различных модификациях с серебросодержащими конденсаторами КМ5. Например, при модернизации координатно-расточного станка 24K40СФ4 на утилизации рамы электроавтоматики и стойки УЧПУ (рис. 6), а также трансформаторов и нескольких километров провода можно получить 20–30 тыс. руб.

Наконец, существенная экономия может быть получена за счет уменьшения площади, занимаемой станком. Очень часто стойка ЧПУ может быть демонтирована, а элементы новой системы ЧПУ расположены в конструктивах станка или станочного пульта оператора. Это экономит около одного квадратного метра на станок (от 10 до 30 % общей площади, занимаемой станком), что особенно актуально для предприятий, арендующих производственные площади.

Возможности модернизации продемонстрируем на примере станка BM501ПМФ4 с системой ЧПУ 2P32. Этот специализированный многооперационный станок выпускался в 1980–1990 гг. Воткинским машиностроительным заводом и до сих пор достаточно широко используется, в основном на предприятиях оборонной промышленности (рис. 7). Механическая часть станка по-прежнему является достаточно конкурентоспособной, специальные механизмы



Рис. 5. Ключи iButton для санкционированного доступа к СЧПУ

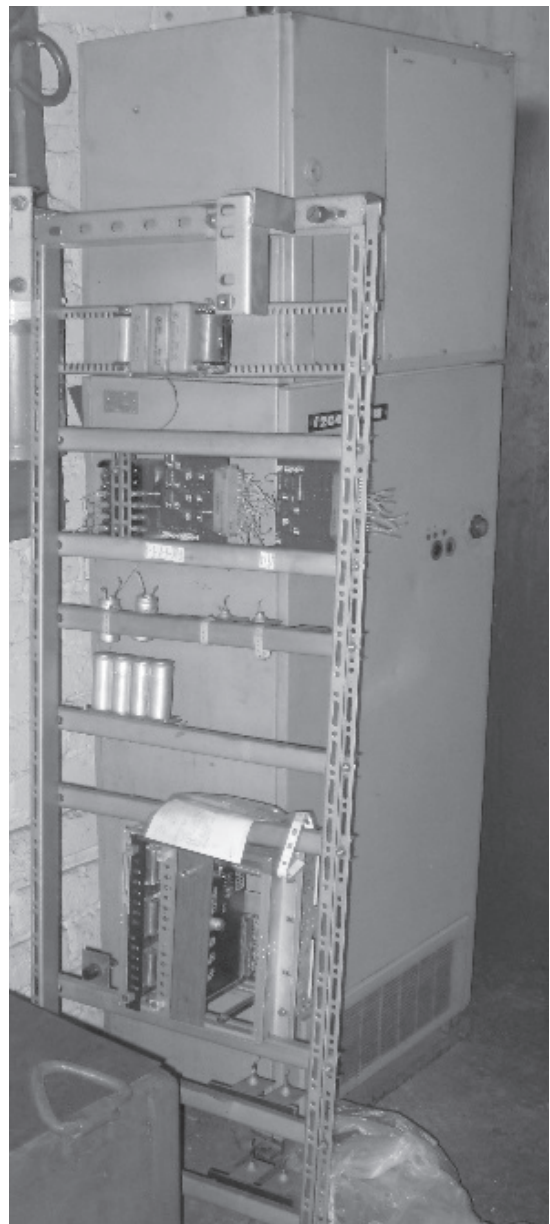


Рис. 6. Элементы, утилизируемые при модернизации координатно-расточного станка 24K40СФ4

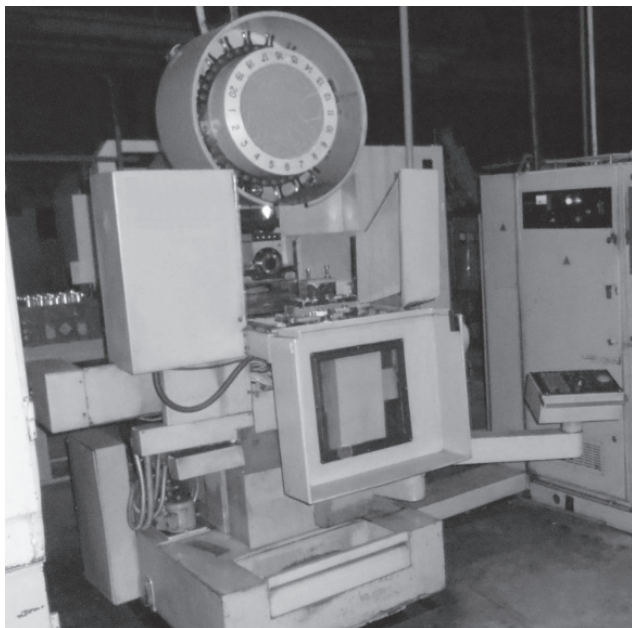
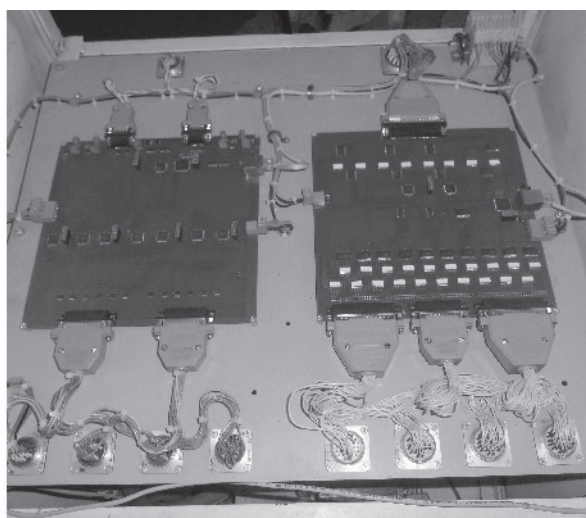
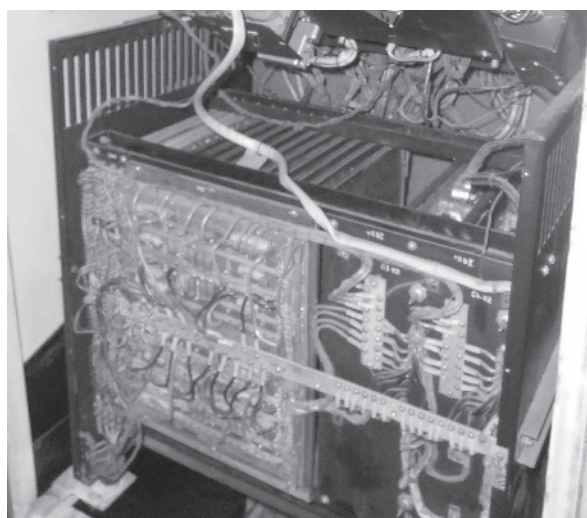


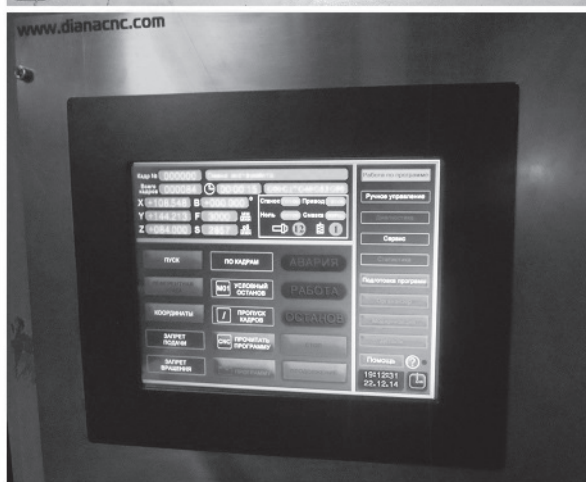
Рис. 7. Многооперационный станок VM501ПМФ4

компенсации люфтов позволяют обеспечивать высокую точность обработки. Наибольшие нарекания при эксплуатации станка вызывают низкая надежность управления ЧПУ (УЧПУ), сложности обслуживания электрошкафа (особенно блока управления механизмами и электроприводов осей Z и B), малый объем памяти для хранения управляющих программ. Модернизация позволяет не только устранить эти недостатки, но и существенно расширить возможности станка.

Минимальная схема модернизации предполагает замену устройства числового программного управления (рис. 8). При этом после модернизации станок по своим эксплуатационным и техническим характеристикам не уступает, а по качеству и надежности станины зачастую превосходит современные аналоги. Особенно следует



БЫЛО



СТАЛО

Рис. 8. Модернизация станка VM501ПМФ4: замена системы управления ЧПУ



Рис. 9. Модернизация станка VM501ПМФ4: замена станочного пульта оператора

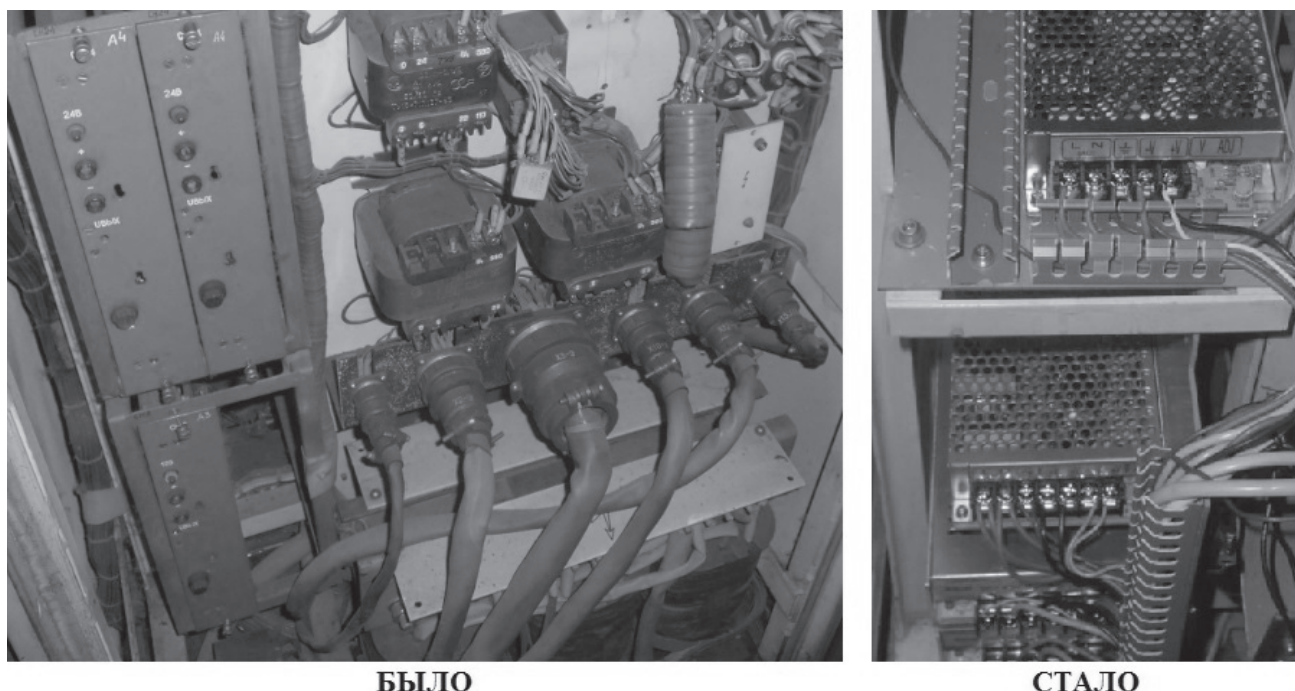


Рис. 10. Модернизация станка VM501ПМФ4: замена системы низковольтного питания

отметить, что после модернизации становятся максимально доступными все преимущества автоматизированной подготовки управляющих программ. Бесспорными преимуществами минимальной схемы модернизации являются относительно невысокая стоимость и сжатые (не более 2-х дней) сроки простоя станка.

Невозможно четко обозначить максимальную схему модернизации — нет предела совершенству. в статье приведены различные фрагменты, дополняющие минимальную схему модернизации и повышающие ее эффективность.

Замена станочного пульта оператора (рис. 9) позволяет обеспечить современный интерфейс как в процессе собственно обработки, так и при проведении наладки станка. При этом привычные функции станочного пульта оператора дополнены возможностями плавной коррекции функции подачи, функции главного движения и скорости позиционирования, маховичка с программной установкой цены деления, multifunctional кнопок с индикацией ПУСК и СТОП.

Замена блоков питания (рис. 10) позволяет унифицировать систему низковольтного питания

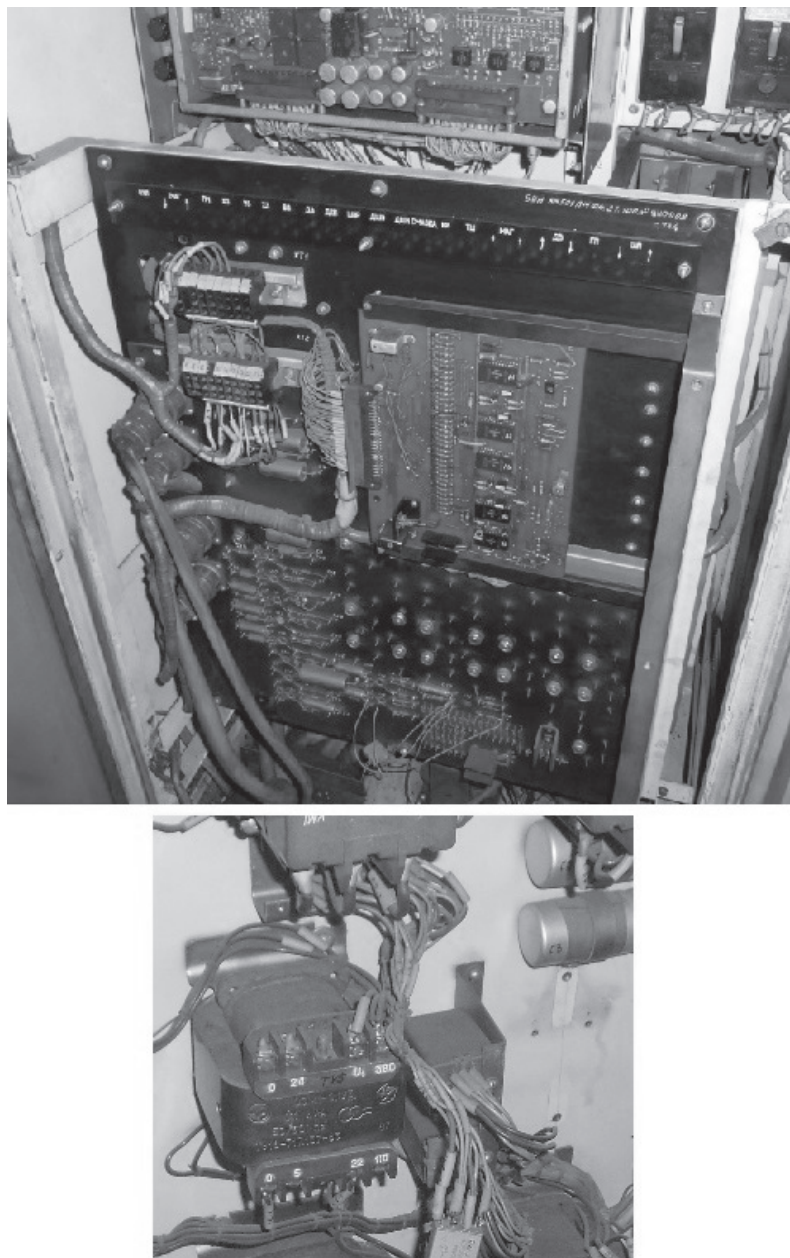
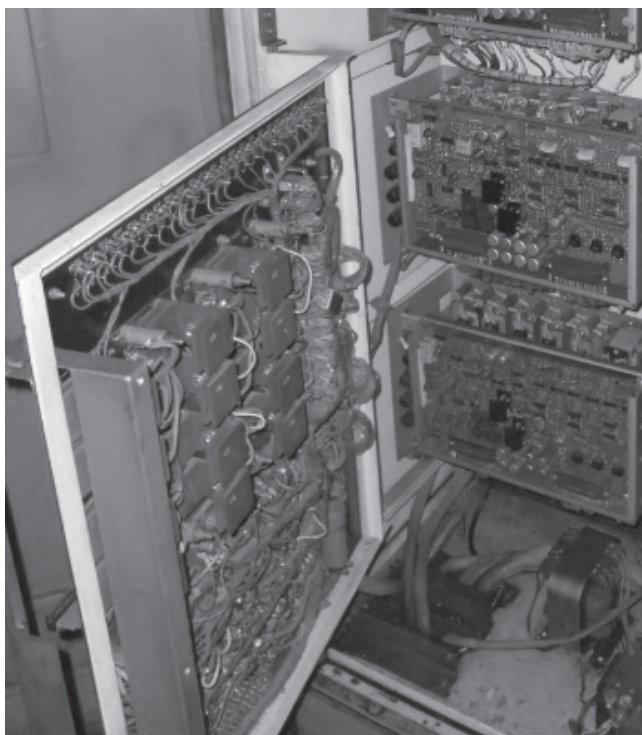


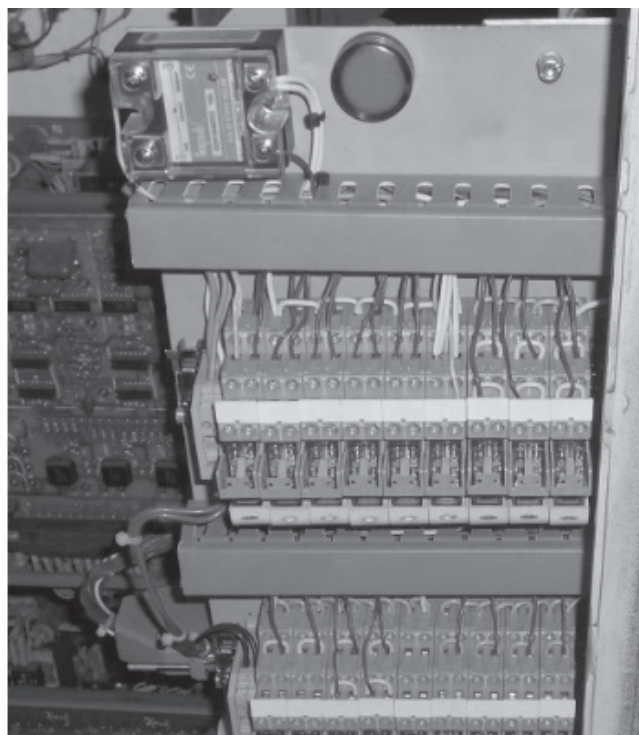
Рис. 11. Блок управления механизмами многооперационного станка ВМ501ПМФ4

(вместо экзотических блоков питания двух типов и четырех громоздких трансформаторов используются стандартные современные блоки питания), повысить ее надежность и ремонтпригодность, снизить общее энергопотребление (за счет более высокого КПД современных блоков питания). Существенная экономия электроэнергии в совокупности с возможностями утилизации (в первую очередь трансформаторов типа ОСМ) делают этот фрагмент модернизации наиболее привлекательным с точки зрения окупаемости капиталовложений.

Заводской блок управления механизмами (БУМ) имеет много нареканий со стороны пользователей. Связаны они прежде всего со сложностью обслуживания (рис. 11): элементы БУМ располагаются на двух сторонах массивной плиты из текстолита, часть связанных с БУМ элементов расположены вообще с другой стороны электрошкафа, доступ к контактам реле значительно затруднен наличием кембриков и плотным расположением контактов, в плате блокировок используются непривычные для



БЫЛО



СТАЛО

Рис. 12. Модернизация станка BM501ПМФ4: замена блока управления механизмами

большинства устройств электроавтоматики логические уровни. Дополнительные неудобства возникают при обслуживании электроприводов осей Z и В, поскольку нормальному доступу к контактной группе и элементам индикации электроприводов препятствует БУМ. Замена БУМ (рис. 12) позволяет решить обе проблемы (например, процедура замены реле кардинально упрощается, при этом сроки замены сокращаются более чем в 100 раз).

Необходимость замены датчиков обратной связи требует особенно тщательного экономического обоснования. С одной стороны, этот фрагмент модернизации является самым дорогим и самым трудоемким. С другой стороны, получаемые при замене выгоды не являются абсолютно принципиальными и связаны, прежде всего, с общей тенденцией перехода от вращающихся трансформаторов, револьверов и индуктосинов к фотоэлектрическим преобразователям, что влечет за собой потенциальные трудности при обслуживании снятых с производства элементов. Единственным бесспорным достоинством этого фрагмента модернизации



Рис. 13. Блоки согласования датчиков обратной связи многооперационного станка BM501ПМФ4

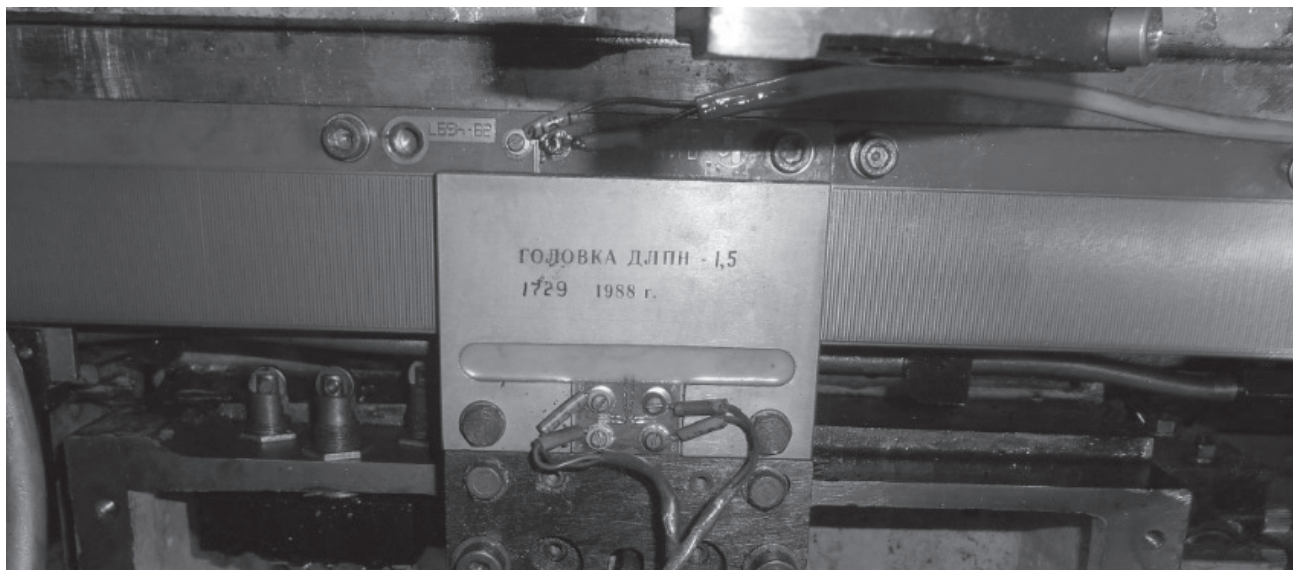
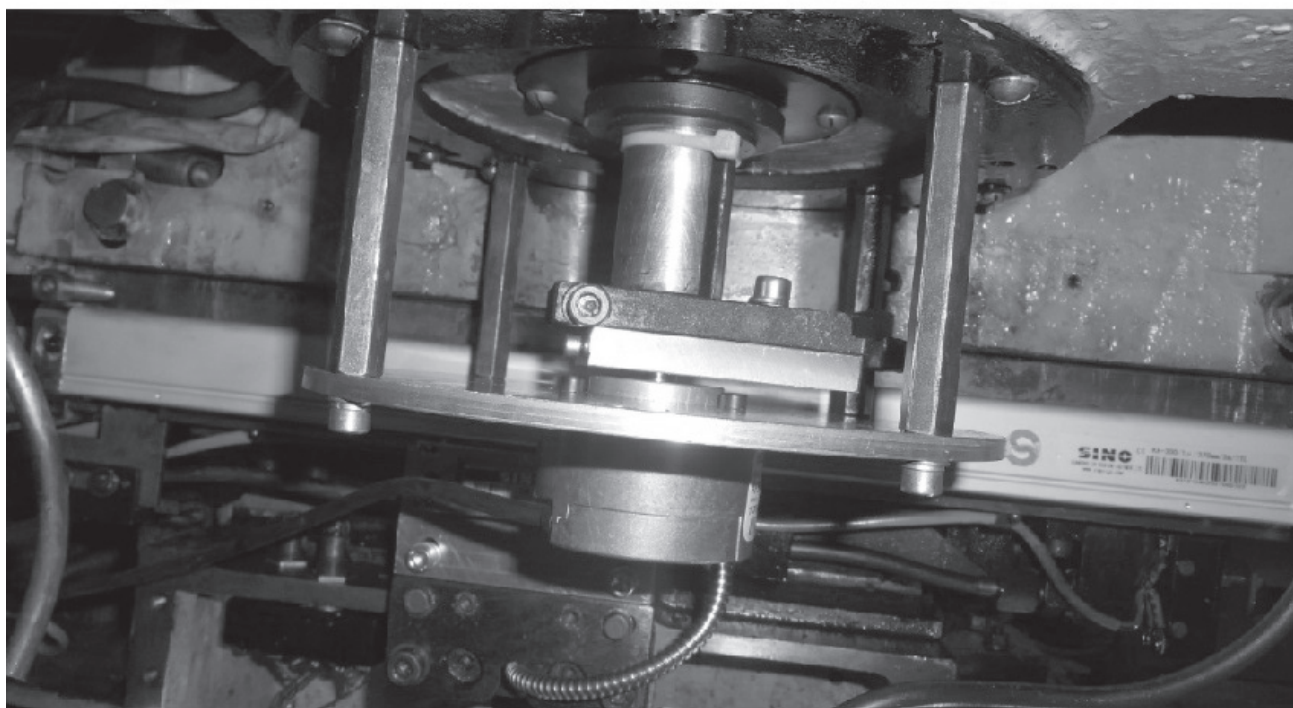
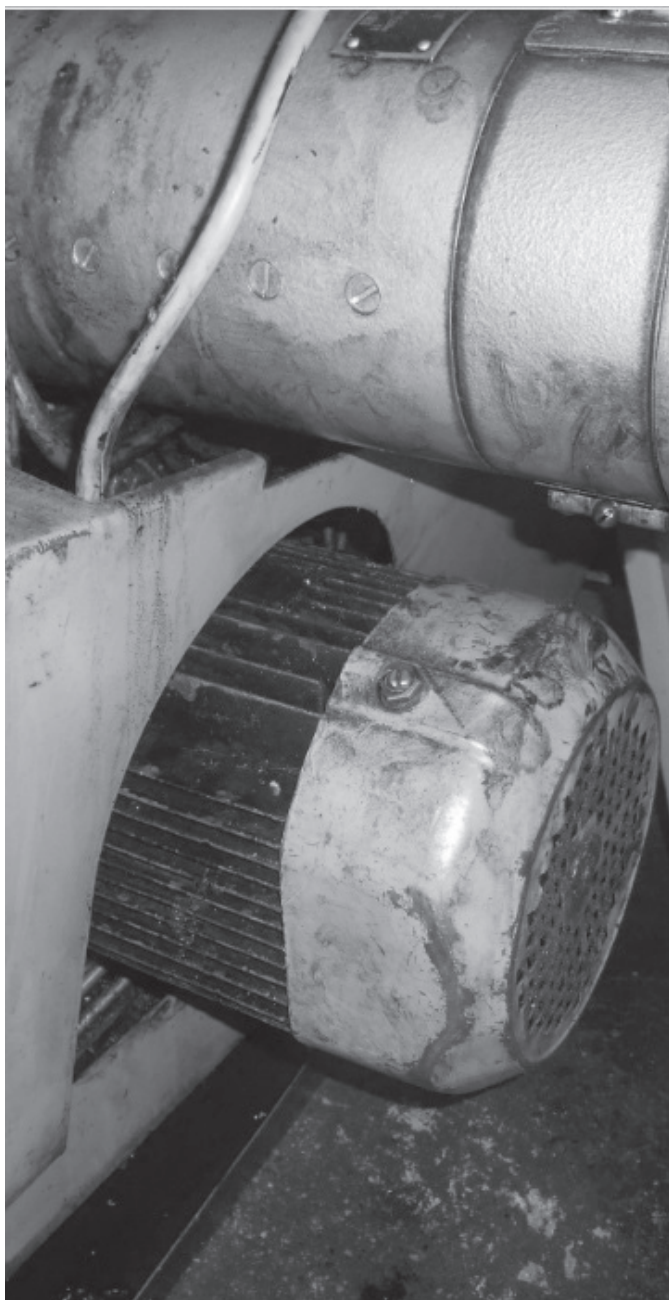
**БЫЛО****СТАЛО**

Рис. 14. Модернизация станка BM501ПМФ4: замена датчиков обратной связи по положению

является исключением из схемы станка не очень простых в обслуживании блоков закрепления деталей и систем управления (рис. 13). Схема модернизации предусматривает использование для линейных осей инкрементальных, а для круговой оси абсолютных энкодеров (рис. 14).

Замена привода главного движения (рис. 15) позволяет существенно повысить качество

обработки, прежде всего за счет плавной регулировки скорости вращения привода и появления возможности управления разгоном/торможением и крутящим моментом. Вместе с механизмом переключения скоростей это позволяет, например, обеспечить плавное вращение шпинделя со скоростью менее 1 об/мин. Наличие инкрементального энкодера



БЫЛО



СТАЛО

Рис. 15. Модернизация станка VM501ПМФ4: замена электропривода шпинделя

с индексной меткой позволяет обеспечивать нарезание многозаходной резьбы.

Настоящей статьей начинается серия публикаций, позволяющих получить представление о современном состоянии средств числового программного управления и промышленной автоматизации. Всего в рамках этой серии планируется три статьи. В первой статье проведен анализ различных поколений систем ЧПУ,

начиная с 1990 гг., показана структура системы ближайшего будущего, даны рекомендации по экономическому обоснованию целесообразности модернизации станков, а также приведены примеры модернизации многооперационного станка VM501ПМФ4. Вторая статья будет посвящена подготовке управляющих программ, третья — вопросам эффективной эксплуатации современного станочного парка.