

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 VM501PMF4.

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

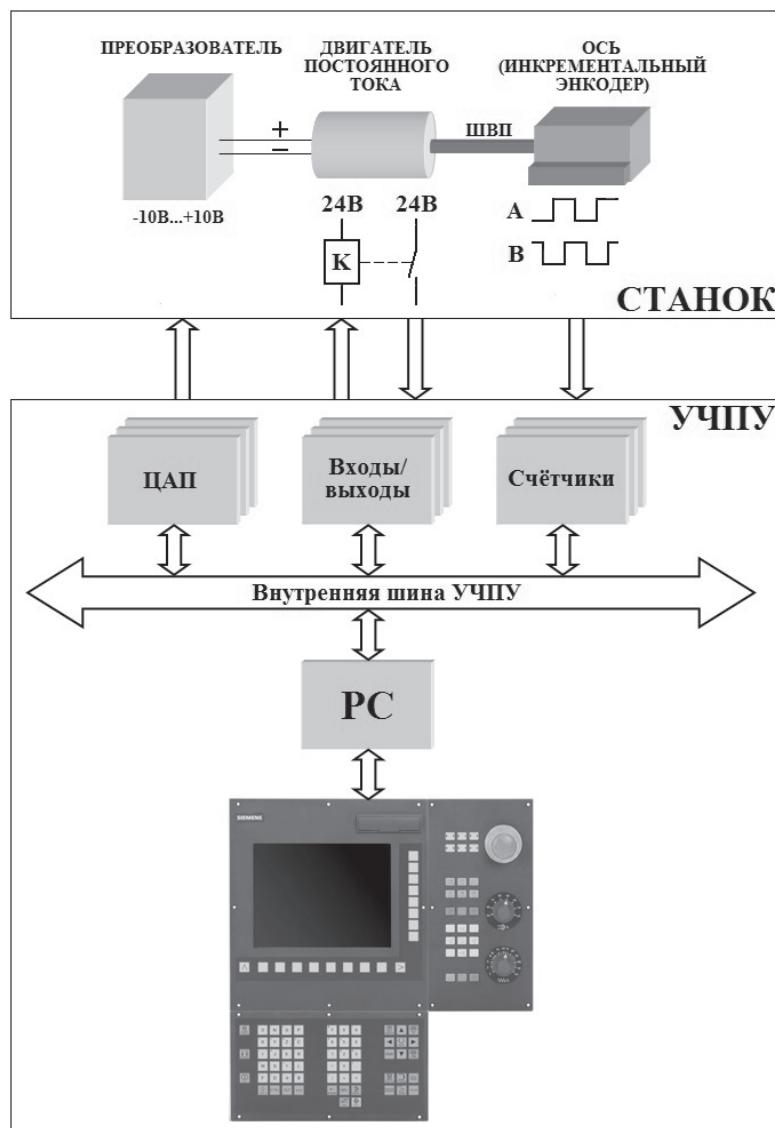


Рис. 1. Структурная схема станка с системой ЧПУ 2-го поколения

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

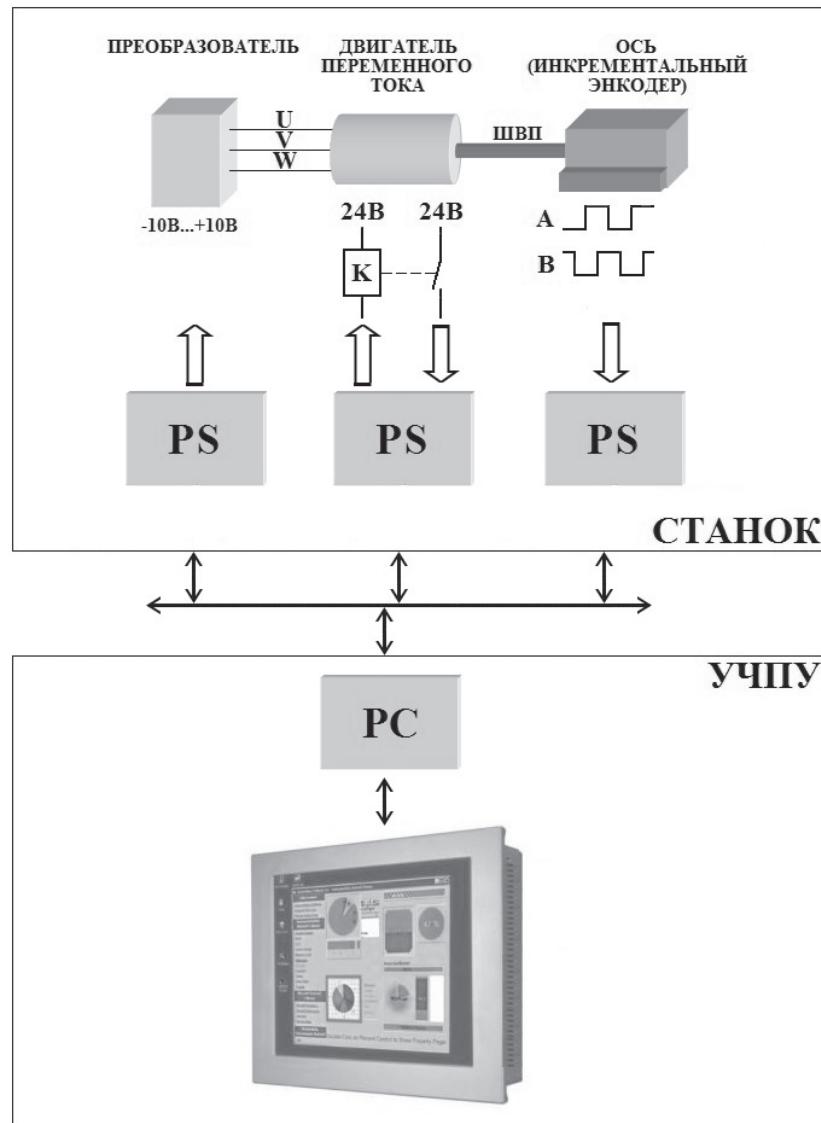


Рис. 2. Структурная схема станка с системой ЧПУ 3-го поколения

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 контрол-

лерами 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.

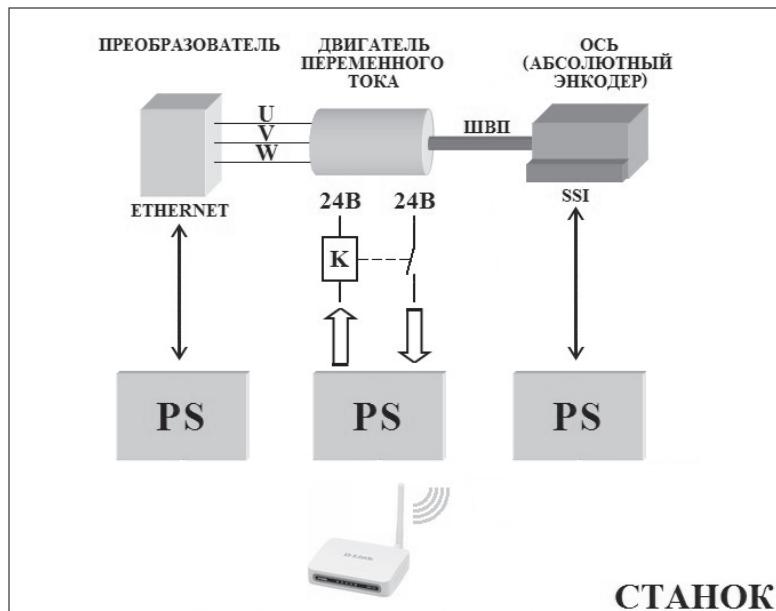


Рис. 3. Структурная схема станка с системой ЧПУ 4-го поколения

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 электротехники, 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 «ДиаНаСНС». 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

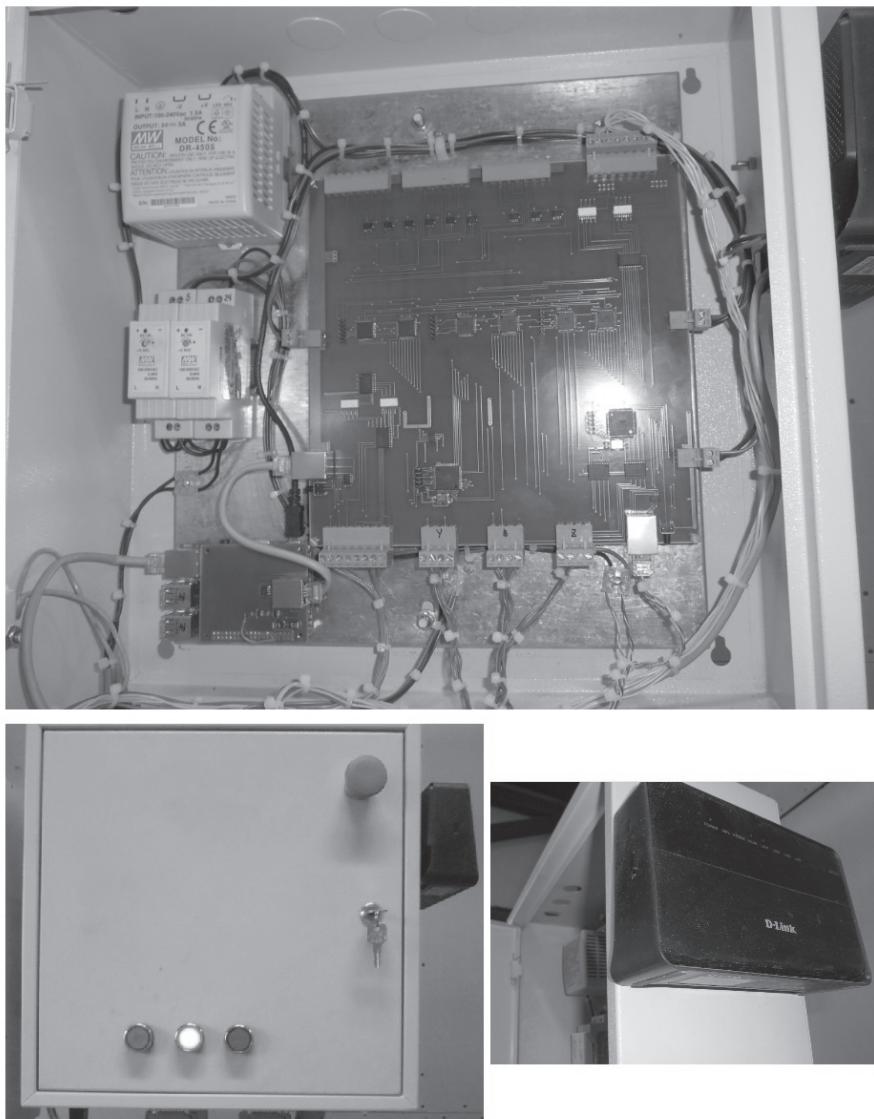


Рис. 4. Система ЧПУ 4-го поколения «ДиаНа-CNC»

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 МС2101, МС2106 с их большим количеством содержащих золото разъемов, а также стойки 2Р22, 2С42 в различных модификациях с серебросодержащими конденсаторами КМ5. Например, при модернизации координатно-расточного станка 24К40СФ4 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 конструкциях 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 ВМ501ПМФ4 с системой ЧПУ 2Р32. 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 24К40СФ4*

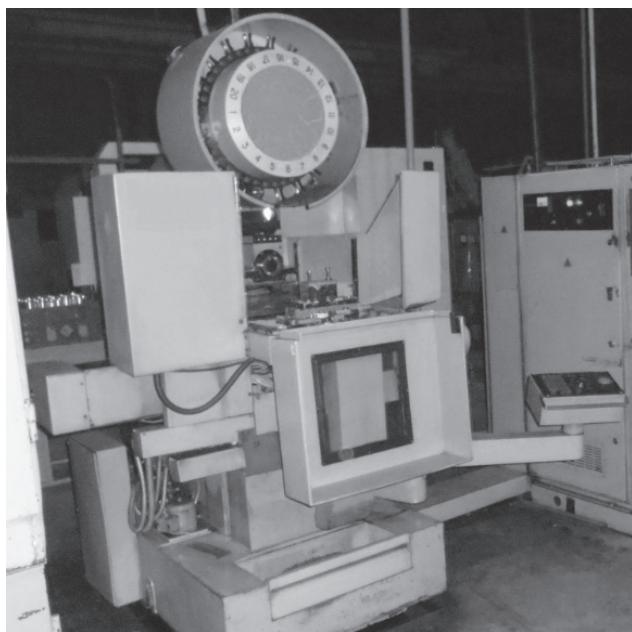


Рис. 7. Многооперационный станок ВМ501ПМФ4

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

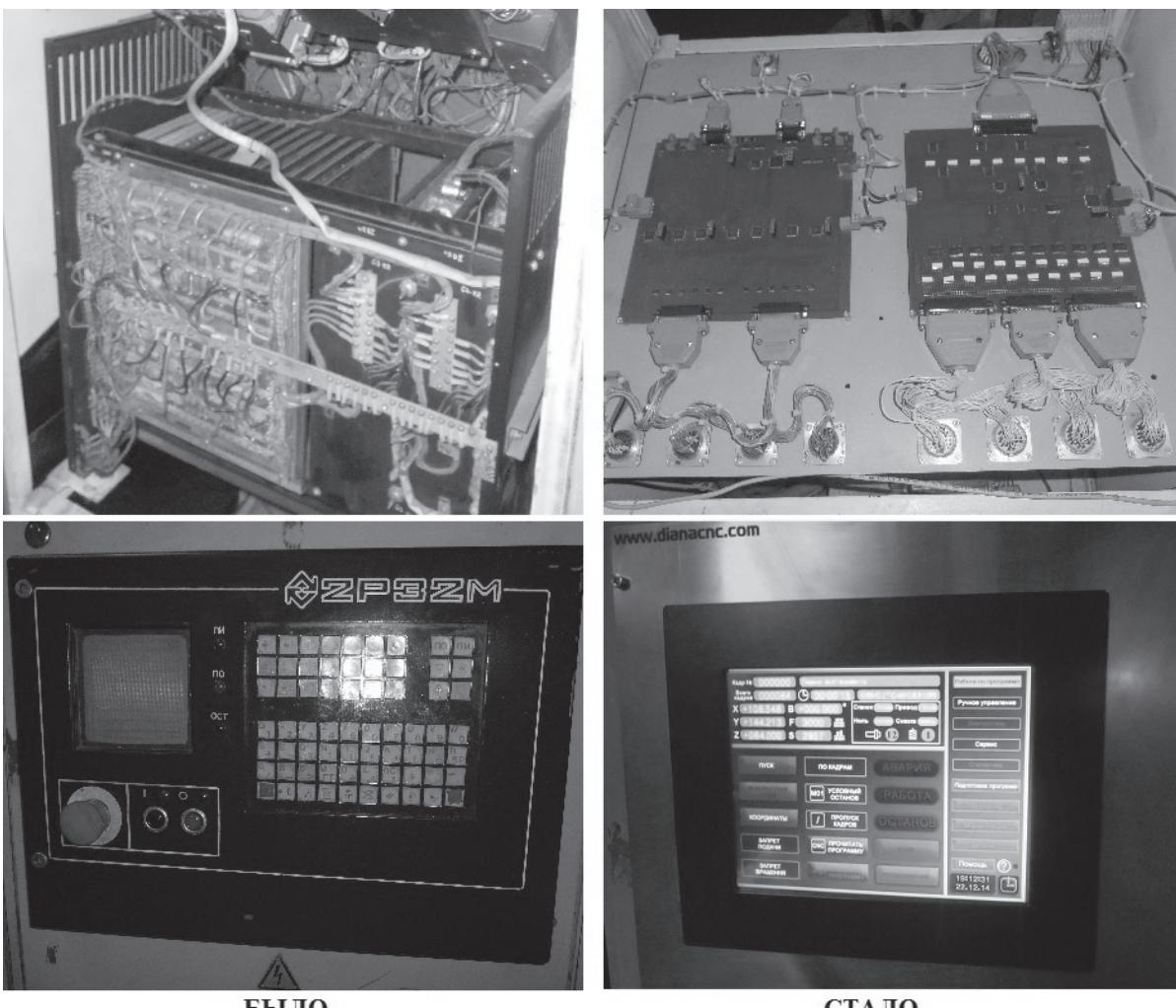


Рис. 8. Модернизация станка ВМ501ПМФ4: замена системы управления ЧПУ



Рис. 9. Модернизация станка ВМ501ПМФ4: замена станочного пульта оператора

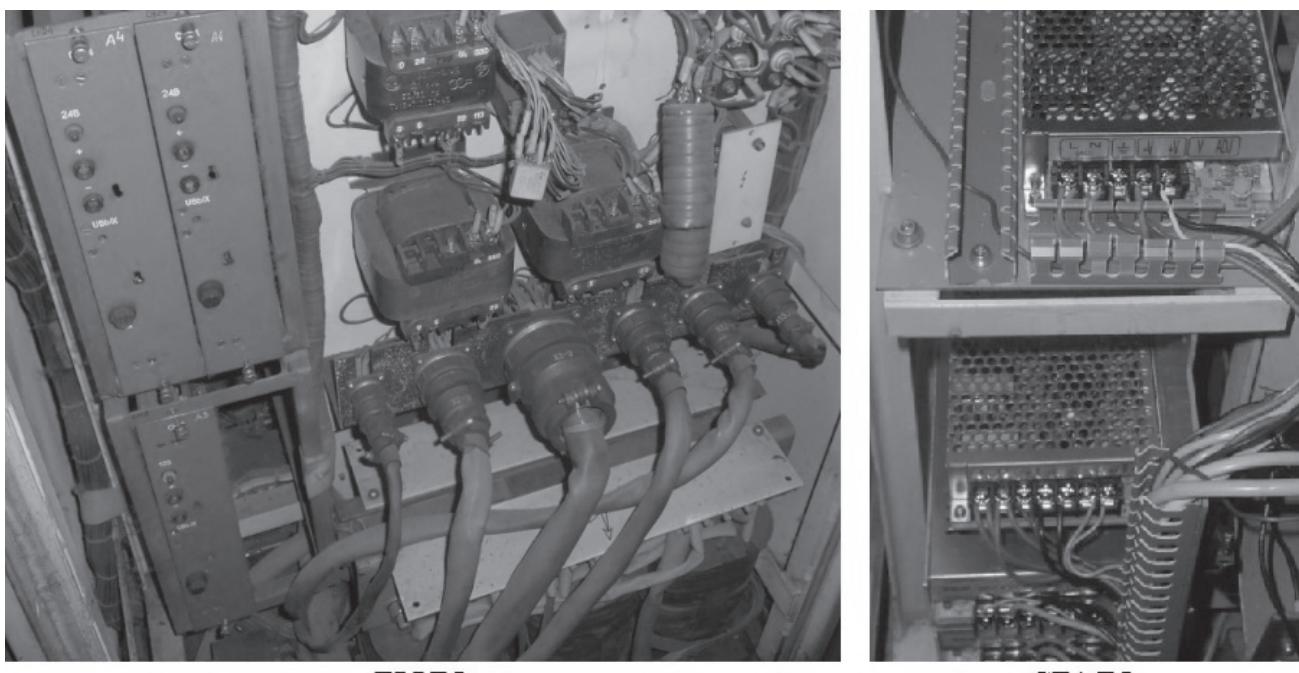


Рис. 10. Модернизация станка ВМ501ПМФ4: замена системы низковольтного питания

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, многофункциональных кнопок с индикацией ПУСК и СТОП.

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

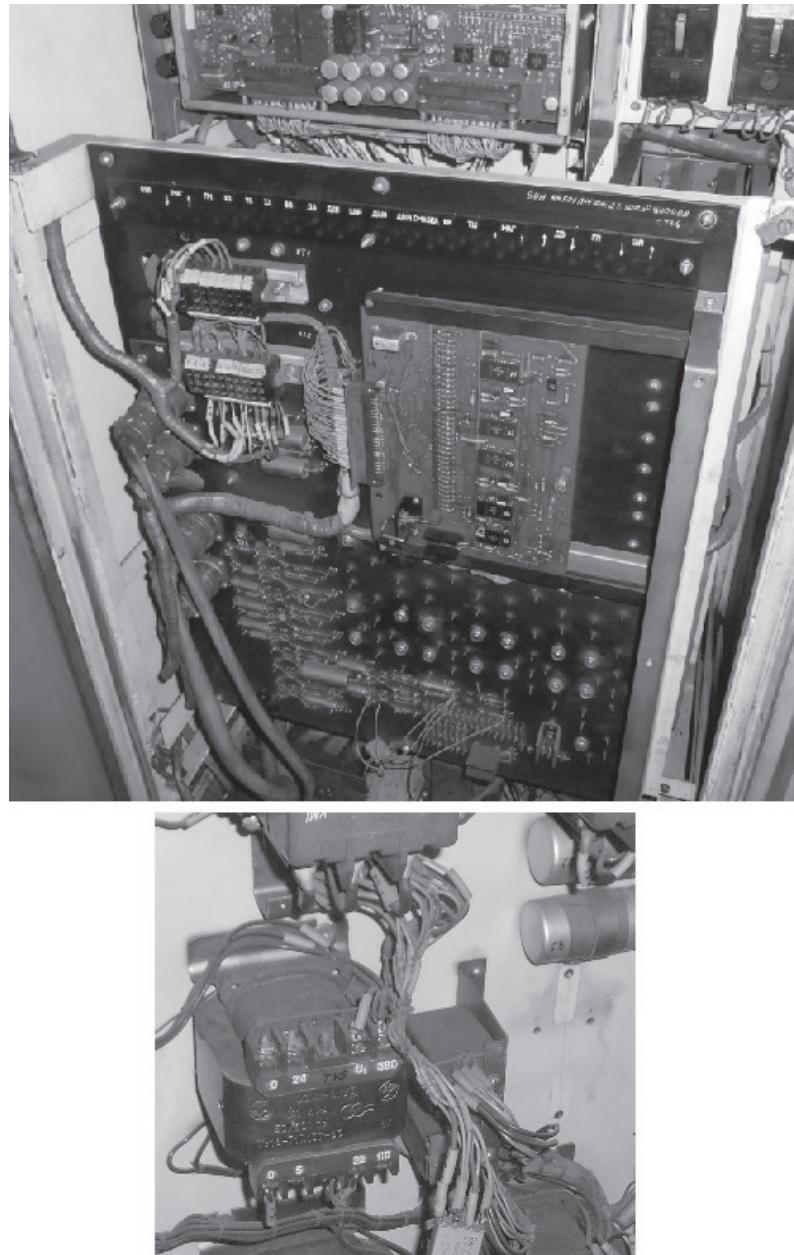
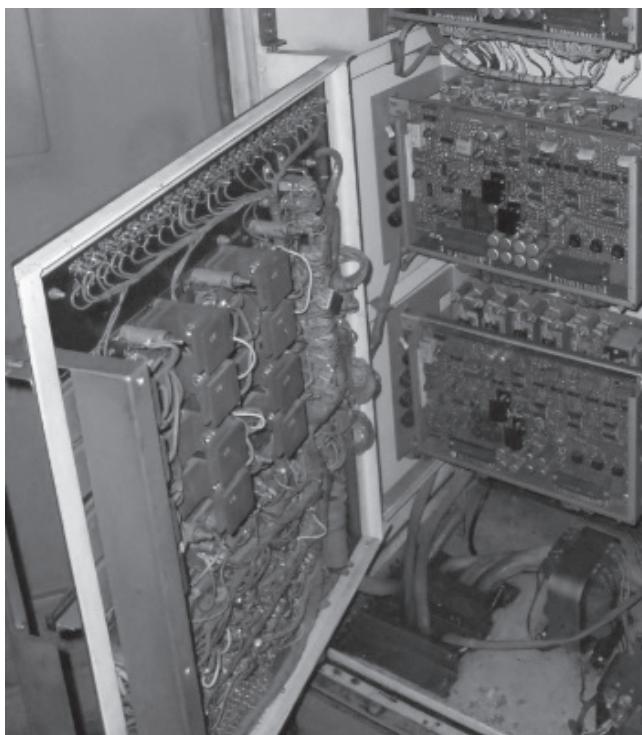


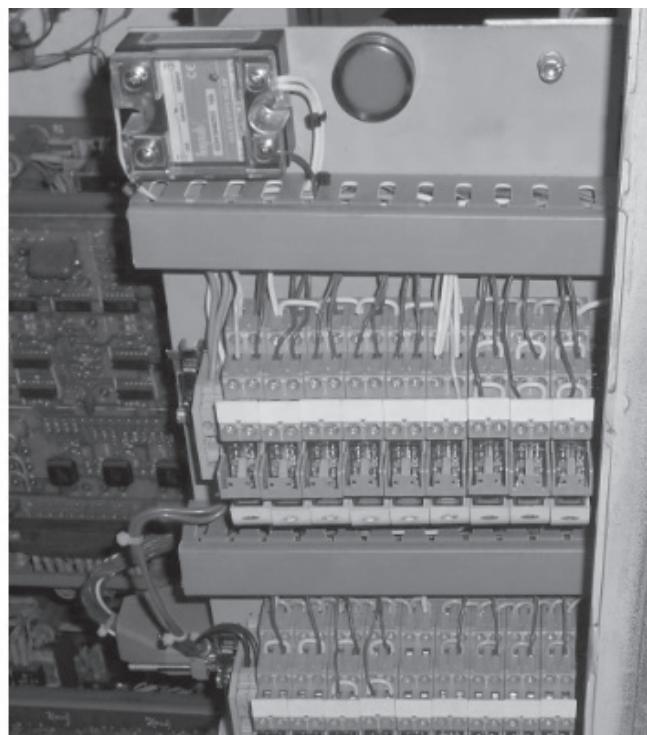
Рис. 11. Блок управления механизмами многооперационного станка ВМ501ПМФ4

(вместо экзотических блоков питания двух типов и четырех громоздких трансформаторов используются стандартные современные блоки питания), повысить ее надежность и ремонтопригодность, 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 платы 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 ВМ501ПМФ4: 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).

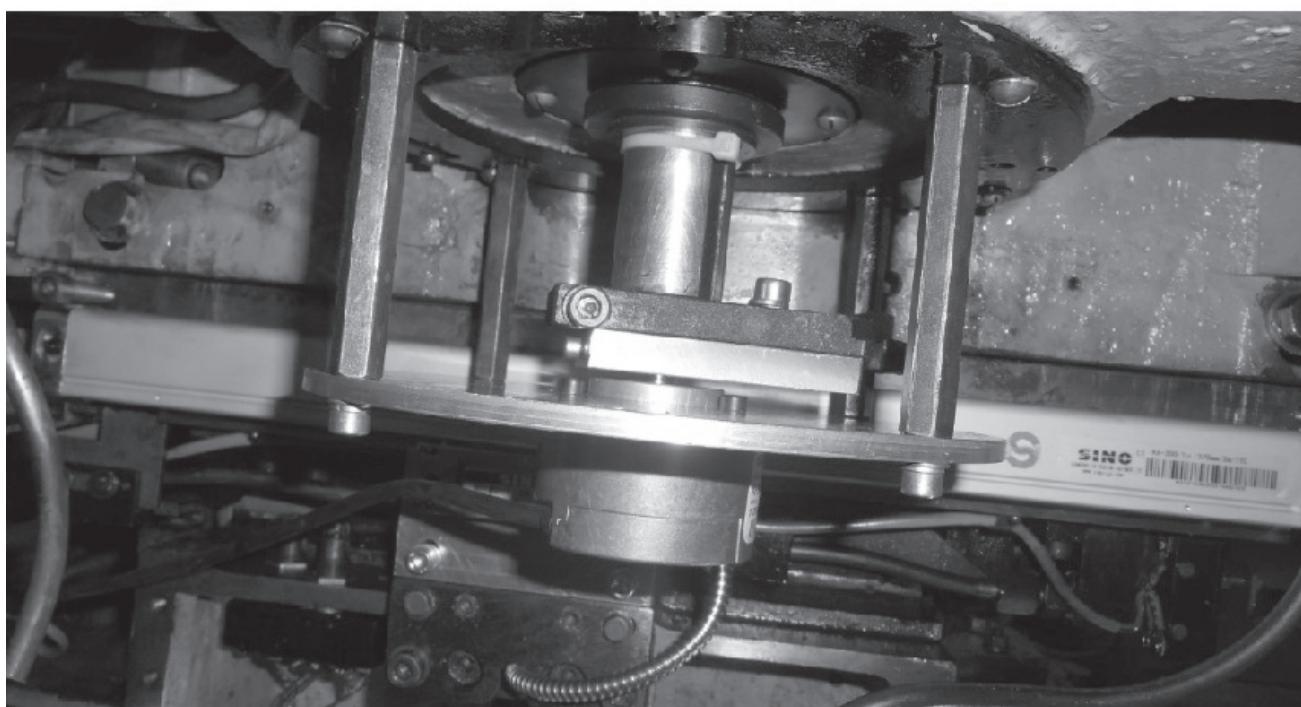
Необходимость замены датчиков обратной связи требует особенно тщательного экономического обоснования. С одной стороны, этот фрагмент модернизации является самым дорогим и самым трудоемким. С другой стороны, получаемые при замене выгоды не являются абсолютно принципиальными и связаны, прежде всего, с 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 ВМ501ПМФ4



БЫЛО



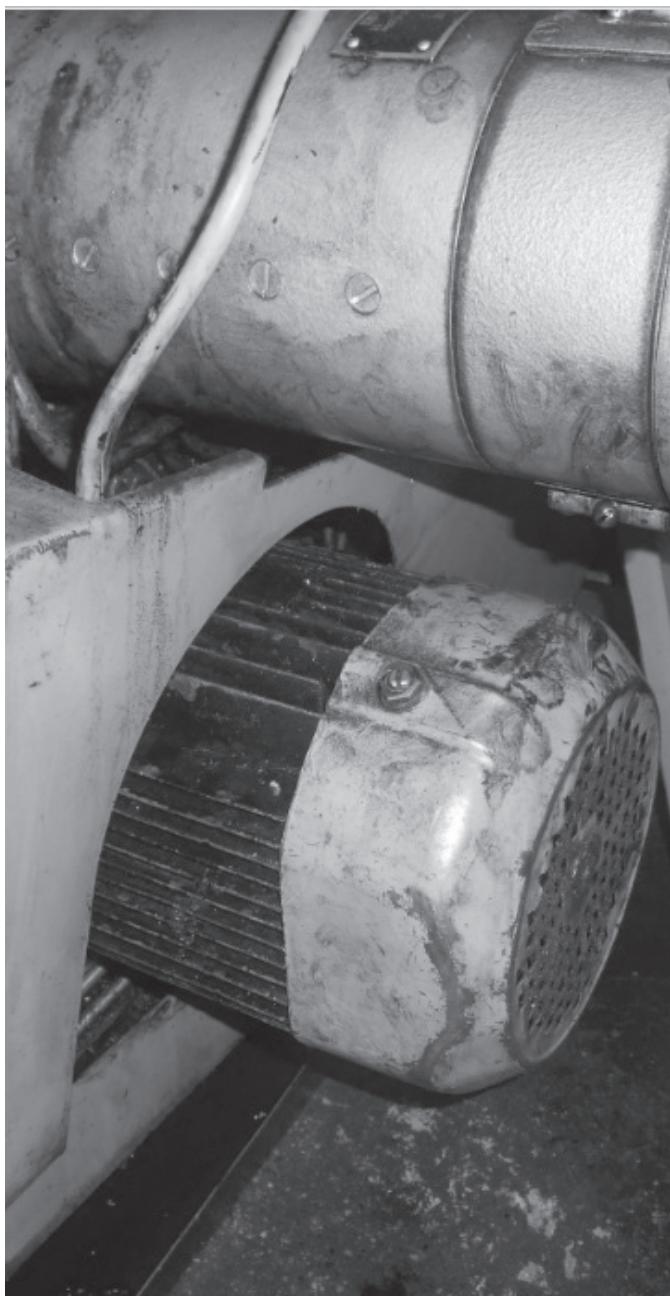
СТАЛО

Рис. 14. Модернизация станка ВМ501ПМФ4: замена датчиков обратной связи по положению

является исключение 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 ВМ501ПМФ4: 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 ВМ501ПМФ4. Вторая статья будет посвящена подготовке управляющих программ, третья — вопросам эффективной эксплуатации современного станочного парка.