

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)  
УДК 65.06+65.011.5+65.011.8+65.011.42  
DOI: 10.18503/1995-2732-2020-18-4-48-56



## МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ НА ПРЕДПРИЯТИИ ОПК

Антонов А.Ю., Данилаев Д.П.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия

**Аннотация. Актуальность.** Модернизация производства является одним из приоритетных направлений развития предприятий. Техническое перевооружение предприятий возможно либо путем замены оборудования, либо модернизацией станочного парка. При этом существуют различные варианты модернизации, например станков с ЧПУ. Каждый вариант имеет положительные и отрицательные стороны. Организация модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК сопряжена не только с выбором одного из вариантов, но и с дополнительными сложностями, такими как соблюдение технологий, импортозамещения, требований к выполнению гособоронзаказа и др. Причем модернизация станков с ЧПУ может преследовать различные цели и решать разные задачи. Цель работы – анализ условий организации модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК, задач и характерных проблем модернизации станков с ЧПУ на оборонном предприятии, а также определение путей ее реализации. **Материалы и методы.** Основой исследования стал панорамный подход к обсуждаемым проблемам, задачам и вариантам модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК. Решение об организации модернизации станочного парка предприятия ОПК является комплексным и принимается с учетом внутренних и внешних факторов, а также с учетом вариантов ее проведения. На основе анализа различных видов модернизации станков с ЧПУ на производственных предприятиях ОПК, их достоинств и недостатков приводится обоснование рационального варианта. Анализ основан также на обобщении и структурировании проблем, возникающих при организации модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК, а также при вводе их в эксплуатацию. **Результаты и выводы.** Проведенный анализ показывает, что замена электронной части станков с ЧПУ является наиболее целесообразным видом модернизации. Но для станков с ЧПУ разных поколений техническая реализация новых электронных блоков управления должна отличаться. Связано это с сопряжением либо с фазовой, либо с дискретной системой управления устаревших станков. Несмотря на это, модернизированные станки должны интегрироваться в единое технологическое пространство, иметь общий интерфейс, работать по одним алгоритмам. С этих позиций раскрыто понятие единого подхода к модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК.

**Ключевые слова:** модернизация станков с ЧПУ, проблемы модернизации станков, виды модернизации станков, автоматизация производства, импортозамещение, модернизация предприятий ОПК.

*Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению номер 075-03-2020-051/3 от 09.06.2020 (номер темы fzsu-2020-0021).*

© Антонов А.Ю., Данилаев Д.П., 2020

### Для цитирования

Антонов А.Ю., Данилаев Д.П. Модернизация станков с ЧПУ на предприятии ОПК // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2020. Т.18. №4. С. 48–56. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2020-18-4-48-56>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

# MODERNIZATION OF CNC MACHINES IN A DEFENSE ENTERPRISE

Antonov A.Yu., Danilaev D.P.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

**Abstract. Relevance.** The modernization of production is one of the priorities for the development of enterprises. Technical upgrading of enterprises is possible either by replacing equipment or by modernizing the machine pool. At the same time, there are various options for the modernization of CNC machines, for instance. Every option has positive and negative aspects. Organizing the modernization of CNC machines in defense enterprises is associated not only with the selection of one of the options, but also with additional difficulties, such as compliance with technologies, import substitution, requirements for the fulfillment of state defense orders, etc. Moreover, the modernization of CNC machines may pursue different goals and solve different problems. The objective of the study is to analyze the conditions for organizing the modernization of CNC machines in defense enterprises, objectives and typical problems of modernizing CNC machines in a defense enterprise, as well as to determine the ways of its implementation. **Materials and methods.** The research is based on a panoramic approach to the discussed problems, objectives and options for modernizing CNC machines in defense enterprises. The decision to organize the modernization of the machine pool of the defense enterprise is integrated, and is made taking into account internal and external factors, as well as the options for its implementation. The rationale for a feasible option is given based on the analysis of various types of the modernization of CNC machines at manufacturing plants of the military-industrial complex, their advantages and disadvantages. The analysis is also based on the generalization and structuring of the problems arising during the organization of the modernization of CNC machines at the enterprises of the defense industry, as well as during their commissioning. **Results and Conclusions.** The analysis shows that the replacement of an electronic part of CNC machines is the most feasible type of modernization. But as for CNC machines of different generations, the technical implementation of new electronic control units should be different. This is due to the interface with either a phase or discrete control system of outdated machines. Despite this, the modernized machines are to be integrated into a single technological space, have a common interface, and work according to the same algorithms. The concept of a unified approach to the modernization of CNC machines in defense enterprises is defined from these positions.

**Keywords:** modernization of CNC machines, problems of modernization of machines, types of modernization of machines, production automation, import substitution, modernization of defense enterprises.

*The research was funded by the Ministry of Education and Science of Russia as part of performance of the obligations under Agreement 075-03-2020-051/3 dated 09.06.2020 (subject no. fzs-2020-0021).*

## For citation

Antonov A.Yu., Danilaev D.P. Modernization of CNC Machines in a Defense Enterprise. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2020, vol. 18, no. 4, pp. 48–56. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2020-18-4-48-56>

## Введение

Тема модернизации станков всегда остается актуальной как мероприятия технического перевооружения любых предприятий с целью их устойчивого развития, повышения их эффективности [1, 2]. На крупных промышленных предприятиях модернизация решает проблему морально устаревшего и физически изношенного станочного парка, а также направлена на внедрение новых технологий, в том числе информационных технологий контроля и управления. На небольших предприятиях модернизация направлена на расширение функциональных возможностей, обеспечение конкурентоспособности и т.д. В каждом случае организация и проведение технологической модернизации имеет свои варианты и особенности. Каждый вариант имеет положительные и отрицательные стороны. Организа-

ция модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК сопряжена не только с выбором одного из вариантов, но и с дополнительными сложностями, такими как соблюдение технологий, импортозамещения, требований к выполнению гособоронзаказа и др. Причем модернизация станков с ЧПУ может преследовать различные цели и решать разные задачи. Цель работы – анализ условий организации модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК, задач и характерных проблем модернизации станков с ЧПУ на оборонном предприятии, а также определение путей ее реализации.

## Цели и задачи модернизации станочного парка на предприятиях ОПК

Модернизация производства относится к приоритетным направлениям развития предпри-

ятий ОПК, определенным в ежегодных посланиях Президента РФ Федеральному Собранию, а также в перечне поручений Президента РФ [3]. В соответствии со стратегическими приоритетами определяются и цели модернизации: формирование потенциала для научно-технологического и инновационного развития, повышение эффективности использования основных производственных фондов, повышение производительности труда, развитие производств товаров гражданского и двойного назначения, реализация программы импортозамещения. Кроме этого, предприятия стоят перед необходимостью обеспечить резерв производственных мощностей для сохранения оборонно-промышленного потенциала страны [4]. При этом для достижения основной цели – выполнения гособоронзаказа в срок – предприятие должно решить две главные задачи: быть укомплектованным необходимым оборудованием, ресурсами и специалистами и рационально планировать и управлять производственным процессом [5].

Мероприятия по технологической модернизации (техническому перевооружению) предприятий направлены на расширение их функциональных возможностей, повышение их надежности, снижение производственных издержек, рост производительности труда и значительное повышение качества выпускаемой продукции. Эти мероприятия предусматривают внедрение ресурсосберегающих технологий, развитие промышленных базовых и критических технологий в обеспечение современного научно-технического и производственного потенциала, создание центров компетенций и специализированных производств [1, 6].

### Условия принятия решений о модернизации станков на предприятиях ОПК

Замена имеющихся станков на точно такие новые нецелесообразна (из-за их морального старения) и невозможна (их просто уже нет). Для проведения реконструкции и технического перевооружения производственно-технологической базы возможно два варианта: закупка нового оборудования с заменой устаревших станков и восстановительный ремонт с модернизацией существующего оборудования. Проблемы первого варианта известны: «на базе этих старых станков используются уникальные технологии, которые с успехом работают на многих заводах. При замене старого оборудования на новое, купленное в других странах, придётся забыть про свои технологии и разработать или приобрести новые. Всё это новые капитальные затраты, которые

требуют серьезных финансовых вливаний» [7].

Любое предприятие, так или иначе, занимается модернизацией станочного парка. При принятии решения каждое из них исходит из имеющихся возможностей и складывающейся необходимости.

Но именно предприятия ОПК находятся в наиболее жестких условиях. Поэтому для них существуют дополнительные аргументы в пользу ремонта и модернизации существующих станков с ЧПУ, появляющиеся исходя из условий организации производственной деятельности и рисков инноваций. Среди них:

- тенденция разумного импортозамещения как долгосрочного приоритета страны [3];
- действующим законодательством (например, 275-ФЗ) при гособоронзаказе установлен запрет приобретения оборудования иностранного производства, в том числе литейных машин, станков (токарных, агрегатных, шлифовальных, металлорежущих и пр.);
- рентабельность инвестиций в модернизацию производства относительно эффективности как отдельного проекта (с учетом особенностей определения цены контракта по гособоронзаказу на основе издержек предприятий и установленных норм прибыли), так и предприятия, реализующего этот проект [2]. Причем государство не берет на себя экономическую ответственность за убытки предприятия в связи с нерациональной организацией производства по гособоронзаказу;
- долгосрочный и капиталоемкий характер инвестиций и самой производственной деятельности [8, 9];
- монополия заказчика, обусловленная преобладанием государственного заказа над инициативными работами предприятия ОПК [9];
- наукоемкость и высокотехнологичность разработки и производства подавляющего большинства продукции [9];
- высокий уровень специализации и монополизации производителей [9];
- особые информационные условия функционирования предприятий, обусловленные требованиями секретности, ограничивающие кооперацию и передачу технологий [9];
- сложность кооперации с соисполнителями гособоронзаказа. Например, отсутствие обязанности участия поставщиков материалов и комплектующих для производства изделий в кооперации по гособоронзаказу; невозможность закупок малых объемов материалов и комплектующих для выполнения отдельных контрактов в рамках гособоронзаказа; сложность расходования денежных средств с отдельных счетов; отсутствие обя-

занности поставщиков материалов и комплектующих ограничивать рост цен на свою продукцию индексами и дефляторами [10]. В связи с чем вынужденно возникает необходимость высокой концентрации производства и обеспечения всех операций по производству изделий без их передачи на аутсорсинг;

- принципы концентрации и специализации (технологической или предметной) положены в основу организации цехов и участков на предприятиях ОПК [11]. В частности, они приводят к высокой загрузке оборудования, что усложняет вывод оборудования на ремонт и модернизацию. Естественно, возникает вопрос фронтальной модернизации единообразного оборудования участка или цеха;

- необходимость в специальной технологической оснастке целевого назначения, затрат на ее изготовление, ремонт и поддержание в рабочем состоянии [12]. Организация производства продукции по ГОЗ осуществляется на основе серии ГОСТ РВ, в том числе ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования» [13]. Предусматривается определение технологических операций, режимов и условий их проведения, в наибольшей степени оказывающих влияние на качество и воспроизводимость параметров критичных элементов конструкции продукции, а также разработка системы мониторинга и регулирования этих операций. В том числе должны быть обеспечены контроль, оценка точности настроенности и стабильности техпроцесса;

- необходимость освоения и внедрения инновационных технологий двойного назначения, а также обеспечение производства изделий гражданского назначения, при производстве которых используются усовершенствованные технологии без существенного перевооружения производства [4].

Перечисленные условия в большей степени свидетельствуют в пользу решения о модернизации станков. Однако техническое перевооружение направлено в том числе на переход к выпуску гражданской продукции или продукции двойного назначения и планируется, как правило, в рамках общей концепции развития целых концернов, в состав которого входит предприятие ОПК. В соответствии с перечисленными стратегическими задачами модернизация станков должна привести к расширению их функционала. Поэтому принятие решения о модернизации станков является многокритериальным, непостоянным.

Исходя из этих же условий, осуществляется выбор варианта модернизации станков и способа его реализации.

### Варианты модернизации станков с ЧПУ

Для парка станков с ЧПУ на любом предприятии существуют проблемы морального устаревания и физического износа. Механическая часть станков обладает достаточно большим ресурсом. Многие станки, произведенные в СССР, имеют цельнолитую чугунную станину, которая является основой для всех других частей станка и задаёт ему высокую жесткость [14]. Физический износ можно устранить проведением капитального ремонта, который включает, например, восстановление направляющих, замену деталей шпиндельного узла, ходовой части приводов и т.д. Современное машиностроительное предприятие имеет практически неограниченные возможности по капитальному ремонту и даже улучшению технического состояния механических частей станков, в то время как ремонт электронных блоков с каждым годом становится всё более трудоёмким [15]. Кроме того, если производительность вычислительных систем и ёмкость запоминающих устройств выросли за последние 10 лет на порядки, то размеры рабочих зон, обороты двигателей и точность позиционирования остались практически неизменными.

Основная причина морального износа станков с ЧПУ – устаревание их систем числового программного управления. Среди недостатков устаревших систем ЧПУ можно отметить:

- громоздкость, высокое энергопотребление и низкая надежность систем ЧПУ первого, второго поколений;

- использование устаревших носителей данных. Из-за недостаточно надежной работы считывающего устройства, ненадежности носителей (например, магнитной ленты или перфоленты) нередко возникают сбои в работе оборудования, появляется брак. Повышенная вероятность сбоев, связывается также с покадровым программированием элементарных действий станка;

- устаревшую элементную базу и низкую степень ремонтпригодности;

- сложность и продолжительность подготовки программ на устаревших носителях. Трудности тиражирования программы на несколько носителей и станков с ЧПУ;

- высокую стоимость эксплуатации. Повышенные требования к условиям хранения носителей. Необходимость подготовленного персонала. При этом молодое поколение порой даже не знакомо с подобными видами носителей информации;



- практическую невозможность дистанционного управления устаревшего оборудования с применением локальных сетей и технологий удаленного доступа. Сложность планирования замкнутого производственного цикла для изделия с применением разного оборудования.

Один из самых распространенных вариантов модернизации станков с ЧПУ – это замена устаревшей электронной начинки на современную («минимальная модернизация»). После проведенной модернизации оборудование не уступает по эксплуатационно-техническим характеристикам современному оборудованию, а по надежности и крепости станины может даже превосходить их. После модернизации интерфейс системы более удобен и отвечает современным требованиям, вместо нагромождения всевозможных элементов можно наблюдать аккуратные блоки, занимающие достаточно мало места. Явным преимуществом минимальной модернизации систем за счет совершенствования устройства ЧПУ можно считать сроки их проведения. Не более 2-х дней понадобится для совершенствования станка, минимум простоя – важное условие производственного процесса. Невысокая стоимость – еще одно преимущество данной модернизации [16].

Следующим вариантом модернизации является замена электронной системы и электрооборудования, включая электродвигатели и блоки питания. Такая модернизация направлена на повышение энергетической эффективности. Этот способ сопряжен с вмешательством в механическую часть станка, что может потребовать изменение передаточных отношений приводов подачи. Это создает дополнительные сложности с достижением необходимой точности обработки. В случае же фазовых систем ЧПУ (например, система управления фрезерным станком 6M13ГН1) существующая механическая часть станка имеет систему обратной связи между ведущим двигателем в каждой из координатных осей станка [17]. Поэтому смена электрооборудования часто ведет к пересмотру системы контроля и реализации исполнительных механизмов.

Замену датчиков, обеспечивающих обратную связь, относят к отдельному виду модернизации. Причем данный вид модернизации считается самым дорогостоящим и трудозатратным. Выгода после модернизации не является принципиальной и влечет за собой трудности при обслуживании данного станка [16].

Таким образом, замена электронной части системы ЧПУ станков является наиболее целесообразной и обоснованной. Однако при такой

модернизации следует учитывать некоторые особенности. При включении станков с ЧПУ в одну автоматизированную систему предприятия возникает задача их сопряжения, в том числе идентичности системы управления. Это может касаться как методов формирования управляющей программы, использованной системы команд, так и интерфейса взаимодействия. Существенную роль играет соблюдение единой архитектуры систем ЧПУ [16].

Использование современной электроники позволяет существенно увеличить объем памяти в станках с ЧПУ, обеспечивая загрузку, хранение и выполнение достаточно больших программ управления. Это позволяет повысить точность выполнения операций, стабильность технологического процесса, воспроизводимость его параметров, надежность и производительность оборудования. Современные управляющие программы обеспечивают также расширение функциональных возможностей таких станков. При планировании модернизации и проектировании обновленной системы ЧПУ важно учитывать унифицированные подходы к разработке управляющих программ, а также программные среды проектирования, моделирования и разработки технологических процессов.

При высокой сложности как управляющих программ, так и выполняемого процесса возникает задача контроля. Это может быть достигнуто путем вывода информации о параметрах процесса, а также параметрах обрабатываемого изделия. Следовательно, появляется и новый функционал самой системы ЧПУ. А вид модернизации затрагивает способ вывода и отображения контролируемой информации.

Как правило, даже при применении различной элементной базы используемые интерфейсы остаются неизменными.

Принципиально новой является идеология по интеграции модернизируемых станков в единую сеть, через которую можно контролировать как приоритеты выполнения программ, загружать управляющие программы, так и распределить полномочия управления. Такое решение ведет к современному, более экономичному и эффективному производству. Однако интеграция станков с ЧПУ в ERP-системы, локальные технологические цепи вносит дополнительные сложности. Возникают дополнительные системы ввода технологических программ. В алгоритме работы системы управления станков необходимо определять иерархию системы управления, включая дистан-

ционное управление, приоритеты системы и команд управления, полномочия каждой системы управления, права прерывания процессов и пр.

Проведенный анализ показывает, что замена электронной части станков с ЧПУ является наиболее целесообразным видом модернизации. Однако многообразие технических решений приводит к появлению проблем интеграции оборудования в общие сети, дополняя ряд организационно-технических проблем модернизации станков и оборудования.

### **Организационно-технические проблемы модернизации станков на предприятиях ОПК**

При планировании и организации модернизации станков с ЧПУ необходимо учитывать: загрузку оборудования, трудозатраты и ассортимент производимых деталей, квалификацию работников, специфику производства. На каждом этапе планирования и организации модернизации возникают свои проблемы. При проведении модернизации парка станков с ЧПУ на предприятиях ОПК возникающие проблемы можно структурированно обобщить по группам:

1. Экономические: поиск источника финансирования; проведение расчетов экономической эффективности; необходима оценка целесообразности и рентабельности инвестиций в модернизацию оборудования, срока окупаемости. Для решения этого вида проблем важна отработка стратегии модернизации станочного парка на предприятии ОПК.

2. Организационные: согласование проекта модернизации; остановка оборудования; обеспечение условий по ремонту и модернизации станка в цеху; обеспечение доступа на предприятие ОПК специалистам по обслуживанию станков, сертификация модернизированного оборудования и т.д.

3. Технические: электромагнитная совместимость; виброустойчивость; пылезащищенность; согласование с существующей сетью электропитания; сопряжение новой электронной части с существующей электрической частью. Уровни управляющих сигналов в современных цифровых устройствах обычно не превышают единиц вольт, тогда как в модернизируемом станке могут потребоваться сигналы амплитудой в десятки вольт или более. Уровни электромагнитных помех в станках с ЧПУ первого и второго поколений обычно выше, чем в современных, собранных на основе микроЭВМ, что может при-

вести к определенным проблемам с их работоспособностью и потребует дополнительных мер для подавления помех.

4. Информационные: выбор интерфейса, системы команд, способа ввода/вывода и передачи информации; разделение ролей и обязанностей оператора станка с ЧПУ, наладчика и инженера-технолога. Для того чтобы в полной мере использовать функциональные возможности станка, необходимо создание оптимальных управляющих программ. Процесс разработки управляющих программ трудоемкий, поскольку разработчику необходимо учесть большое количество факторов от материала, конфигурации заготовки, требований к поверхностям до подбора инструмента, и это помимо собственно создания управляющей траектории. В идеале необходимо сопряжение с существующими возможностями CAD/CAM-систем.

5. Кадровые: новая система ЧПУ, как правило, имеет совершенно новый интерфейс и требует переобучения персонала как в области подготовки программ, так и работы с новым устройством.

6. Производственные: планирование производственного цикла и операций с учетом новых функциональных возможностей и технических характеристик модернизированного оборудования, обеспечивающих в целом снижение трудоемкости, повышение производительности и т.п.

Рассмотрим технические проблемы подробнее. Станки с ЧПУ I, II поколений в основном используют фазовую систему управления, станки III поколения – импульсные системы. Фазовые системы в отличие от более поздних импульсных систем используют аналоговые сигналы для управления приводами, то есть данная система управления является полностью аналоговой. Фазовые системы особо подвержены воздействию шумов, помех, искажений. При изменении внешних воздействий – температуры, влажности, вибрации – изменяются параметры аналоговых усилителей, фильтров и других элементов. Для аналоговой системы управления станками существует проблема точной передачи сигналов на большие расстояния из-за неидеальности, нелинейности линии связи, ограниченности полосы пропускания канала связи, нелинейности аналогового тракта, а также из-за действия разнообразных помех.

Рассматриваемые системы управления отличаются не только типом управляющего сигнала,

но также принципиальным различием управляющих воздействий, например длительностью воздействия, исполнительными механизмами, способом согласования управляющих и исполнительных блоков. Это, в частности, ведет к различию времени задержки управляющих воздействий, времени выполнения операций и т.п. Указанные различия приводят к тому, что управляющие системы модернизируемых станков разных поколений должны обрабатывать разные алгоритмы для реализации одной и той же функции.

Возникает вопрос, а возможен ли единый подход в модернизации станков как I, II, так и III, IV поколений? Что понимать под единым подходом к модернизации разных станков с ЧПУ?

### **Единый подход к модернизации станков с ЧПУ**

Несмотря на различие систем управления, в разных станках с ЧПУ возможно использовать общую элементную базу для реализации новых, модернизированных электронных блоков. Например, электронный блок на микроконтроллерах в принципе способен выработать разные необходимые управляющие воздействия и через буферные и/или согласующие каскады передать их на исполнительные механизмы. При этом можно использовать один и тот же интерфейс загрузки программ в станок.

Таким образом, с точки зрения элементной базы использование современных микроконтроллеров позволяет реализовать управляющий блок станка в едином варианте. Для возможности объединения модернизируемых станков в единую сеть обязательным условием будет являться общий для всех станков интерфейс управления. Однако в каждом случае программа микроконтроллера будет отличаться. Это затрудняет обслуживание станков, загрузку программы ЧПУ, понимание алгоритмов действий.

С точки зрения реализации требуемых функций для рациональной организации технологического процесса важно, чтобы одним загрузочным файлом можно было запустить выполнение одной операции (изготовление изделия) на модернизированных станках разного поколения. Оператор станков с ЧПУ не должен ощущать разницу в компиляции загружаемых команд и файлов, различие во внутренних алгоритмах микроконтроллера. То же относится и к наладчикам оборудования. Тогда понятие единого подхода связано с ори-

ентацией на единую программу технологической операции и загрузочный файл для разных станков с ЧПУ, на общую технологическую цепочку, но не на одну прошивку управляющего блока станка.

Единый подход заключается в сохранении одного функционала, обеспечения заданных характеристик и параметров технологического процесса, включением станков в единую сеть управления предприятием. Проще говоря, единый подход – изготовление одной и той же детали на разных станках по одной и той же управляющей программе с заданной точностью. Единая элементная база при этом позволит повысить надёжность и обеспечить высокую ремонтпригодность модернизируемых станков.

### **Заключение**

Таким образом, на основе обзора проблем, задач и вариантов модернизации станков с ЧПУ было показано, что на предприятиях ОПК существуют свои специфические особенности. Проблемы, возникающие при проведении модернизации станков с ЧПУ на предприятиях ОПК, а также при вводе модернизированных станков в эксплуатацию, обобщены и представлены по группам.

Проведенный анализ показывает, что замена электронной части станков с ЧПУ является наиболее целесообразным видом модернизации. Но для станков с ЧПУ разных поколений техническая реализация новых электронных блоков управления должна отличаться. Связано это с сопряжением либо с фазовой, либо с дискретной системой управления устаревших станков. Несмотря на это, модернизированные станки должны интегрироваться в единое технологическое пространство, иметь общий интерфейс, работать по одним алгоритмам.

Единый подход заключается в сохранении одного функционала, обеспечения заданных характеристик и параметров технологического процесса, включением станков в единую сеть управления предприятием. Проще говоря, единый подход – изготовление одной и той же детали на разных станках по одной и той же управляющей программе с заданной точностью. Единая элементная база при этом позволит повысить надёжность и обеспечить высокую ремонтпригодность модернизируемых станков. В основе новой системы ЧПУ предложено использовать современный микроконтроллер.

# Список литературы

1. Оценка эффективности использования основных производственных фондов оборонных предприятий (на примере АО «Концерн «Созвездие») / Хорев А.И., Падалкин В.Ю., Прыгунов А.М., Букреев А.М. // Вестник ВГУИТ. 2016. №3. С. 395–400.
2. Филиппов А.А. Аналитический обзор методов повышения эффективности предприятия // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC-2014), Москва, 2014. Ч. 1. М.: МИРЭА, 2014. С. 228–236.
3. Силкина А.В., Ерыгина Л.В. Современное состояние и тенденции развития предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник СибГАУ. 2017. Т.18. №1. С. 243–249.
4. Ибрагимов О.Е. Проблемы организации устойчивого развития оборонно-промышленного комплекса в России // Управление устойчивым развитием. 2016. №6. С. 36–42.
5. Мовтян Б.А., Данилаев Д.П. Роль корпоративного центра в повышении эффективности выполнения гособоронзаказа предприятиями ОПК // Организатор производства. 2018. Т. 26. №3. С. 44–56.
6. Мовтян Б.А., Данилаев Д.П. Задачи и методы корпоративного управления эффективностью выполнения гособоронзаказа // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 8. С. 24–26.
7. Капитальный ремонт и модернизация станков с ЧПУ [Электронный ресурс] // Сайт «Прибор-Сервис». URL: <http://pribor-serv.ru/капитальный-ремонт-и-модернизация-ст-2/> (Дата обращения 20.07.2020. Доступ свободный).
8. Ерыгин Ю.В., Рагозина М.А. Инструменты стратегического планирования производственной программы предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2011. № 2 (35). С. 197–201.
9. Антамошкин А.Н., Балобан Т.Е. Специфика оценки рисков инноваций на предприятиях оборонно-промышленного комплекса // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2010. № 3 (29). С. 181–183.
10. Циркунова А., Шахнович И. Государственный оборонный заказ по новым правилам // Электроника: наука, технология, бизнес. 2015. №10. С. 50–59.
11. Туровец О.Г., Родионов В.Б., Бухалков М.И. Организация производства и управление предприятием: учебник. 3-е изд. М.: ИНФРА-М, 2011. 506 с.
12. Ложников И.Н. Выполнение гособоронзаказа: порядок учета производства продукции, выполнения работ и оказания услуг. Ч. 2 // Вестник бухгалтера Московского региона. 2016. №4. С.10–15.
13. ГОСТ РВ 0015-002-2012. Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования [Электронный ресурс]. URL: [www.novsu.ru/file/1111316](http://www.novsu.ru/file/1111316) (Доступ свободный. Дата доступа 05.07.2020).
14. Босинзон М.А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация: учебник для нач. проф. образования / под ред. Б.И.Черпакова. 2-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 192 с.
15. Платонов В.В., Майзель И.Г. Модернизация металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. Т.23. №2. С. 285–295. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-2-285-295.
16. Фролов А.Ю. Модернизация станков с ЧПУ [Электронный ресурс] // Сайт «Инженер поможет». 2016. URL: <http://engcrafts.com/item/406-modernizatsiya-stankov-s-chpu> (Доступ свободный. Дата доступа 15.07.2020).
17. Митряев К.Ф., Сазонов М. Б. Изучение конструкции станка 6М13ГН1. Самара: Самар. авиац. ин-т, 1992. 16 с.

## References

1. Khorev A.I., Padalkin V.Yu., Prygunov A.M., Bukreev A.M. Evaluation of the efficiency of using the basic production assets of defense enterprises (by the example of JSC Sozvezdie Concern). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET], 2016, no. 3, pp. 395–400. (In Russ.)
2. Filippov A.A. Analytical review of methods for increasing the efficiency of an enterprise. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Fundamentalnye problemy radioelektronnogo priborostroeniya" (INTERMATIC-2014)* [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference INTERMATIC-2014 "Fundamental Problems of Radioengineering and Device Construction "]. Moscow: MIREA, part 1, pp. 228–236. (In Russ.)
3. Silkina A.V., Erygina L.V. Current state and development trends of enterprises of the military-industrial complex. *Vestnik SibGAU* [Bulletin of SibSAU], 2017, vol. 18, no. 1, pp. 243–249. (In Russ.)
4. Ibragimov O.E. Problems of organizing sustainable development of the military-industrial complex in Russia. *Upravlenie ustoychivym razvitiem* [Management of Sustainable Development], 2016, no. 6, pp. 36–42. (In Russ.)
5. Movtyan B.A., Danilaev D.P. The role of the corporate center in improving the efficiency of the implementation of state defense orders by the defense enterprises. *Organizator proizvodstva* [Organizer of Production], 2018, vol. 26, no. 3, pp. 44–56. (In Russ.)
6. Movtyan B.A., Danilaev D.P. Objectives and methods of corporate management of the state defense order performance. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzhya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region], 2018, no. 8, pp. 24–26. (In Russ.)



7. Overhaul and modernization of CNC machines [Electronic resource]. Pribor-Service website. Available at: <http://pribor-serv.ru/капитальный-ремонт-и-модернизация-ст-2> (Accessed on July 20, 2020. Free access).
8. Erygin Yu.V., Ragozina M.A. Strategic planning tools for the production program of enterprises of the military-industrial complex. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva* [Bulletin of Reshetnev Siberian State Aerospace University], 2011, no. 2 (35), pp. 197–201. (In Russ.)
9. Antamoshkin A.N., Baloban T.E. The specific character of risk assessment of innovations at enterprises of the military-industrial complex. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva* [Bulletin of Reshetnev Siberian State Aerospace University], 2010, no. 3 (29), pp. 181–183. (In Russ.)
10. Tsirkunova A., Shakhnovich I. State defense orders under new rules. *Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes* [Electronics: Science, Technology, Business], 2015, no. 10, pp. 50–59. (In Russ.)
11. Turovets O.G., Rodionov V.B., Bukhalkov M.I. *Organizatsiya proizvodstva i upravlenie predpriyatiem: uchebnik* [Organization of production and enterprise management: Textbook]. 3rd ed. Moscow: INFRA-M, 2011, 506 p. (In Russ.)
12. Lozhnikov I.N. Fulfillment of state defense orders: the procedure for accounting of the manufacturing of products, performance of work and the provision of services (part 2). *Vestnik bukhgaltera Moskovskogo regiona* [Bulletin of Accountants of the Moscow Region], 2016, no. 4, pp. 10–15. (In Russ.)
13. GOST RV 0015-002-2012. The system of the development and production of military equipment. Quality management systems. General requirements [Electronic resource]. Available at: [www.novsu.ru/file/1111316](http://www.novsu.ru/file/1111316) (Free access. Accessed on July 05, 2020).
14. Bosinzon M.A. *Sovremennye sistemy ChPU i ikh ekspluatatsiya: uchebnik dlya nach. prof. obrazovaniya* [Modern CNC systems and their operation: a textbook for initial vocational education]. Ed. by B.I. Cherpakov. 2nd ed., stereotyp. Moscow: Academy Publishing Center, 2008, 192 p. (In Russ.)
15. Platonov V.V., Maizel I.G. Modernization of computer numerically controlled machines. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2019, vol. 23, no. 2, pp. 285–295. DOI: 10.21285 / 1814-3520-2019-2-285-295.
16. Frolov A.Yu. Modernization of CNC machines [Electronic resource]. Website "Engineers will help". 2016. Available at: <http://engcrafts.com/item/406-modernizatsiya-stankov-s-chpu> (Free access. Accessed on July 15, 2020).
17. Mitryaev K.F., Sazonov M.B. *Izuchenie konstruksii stanka 6M13GN1* [Studying the design of machine 6M13GN1]. Samara: Samara Aviation Institute, 1992, 16 p. (In Russ.)

Поступила 28.08.2020; принята к публикации 08.10.2020; опубликована 25.12.2020  
Submitted 28/08/2020; revised 08/10/2020; published 25/12/2020

**Антонов Аркадий Юрьевич** – ассистент,

Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева – КАИ, Россия, Казань. Email: [ayuantonov@kai.ru](mailto:ayuantonov@kai.ru)

**Данилаев Дмитрий Петрович** – доктор технических наук, доцент,

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, Казань. Email: [dpdaniilaev@kai.ru](mailto:dpdaniilaev@kai.ru)

**Arkadiy Yu. Antonov** – Assistant,

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia. Email: [ayuantonov@kai.ru](mailto:ayuantonov@kai.ru)

**Dmitry P. Danilaev** – DrSc (Eng.), Associate Professor,

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia. Email: [dpdaniilaev@kai.ru](mailto:dpdaniilaev@kai.ru)