

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ NEW TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EQUIPMENT

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)
УДК 621.9
DOI: 10.18503/1995-2732-2026-24-1-148-156



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА И ХРАНЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Магдеев К.Е., Сердюкова Е.А., Пятых А.С.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Современное машиностроение характеризуется активным внедрением высокопроизводительных обрабатывающих центров с ЧПУ. Однако их потенциал часто недостаточно используется из-за неудовлетворительной организации инструментального хозяйства. Существующие на многих предприятиях системы учета и хранения режущего инструмента становятся узким местом, ведущим к значительным простоям обрабатывающего оборудования, потерям инструмента и, как следствие, к росту себестоимости продукции. В данной ситуации высокую актуальность приобретает разработка автоматизированных решений для инструментального обеспечения металлообрабатывающего производства. **Цель работы.** Разработка автоматизированной системы управления режущим инструментом «Инструмент-контроль», включающей модульный шкаф хранения и программное обеспечение для учета, направленной на сокращение операционных затрат и повышение эффективности инструментального хозяйства. **Используемые методы.** В работе использованы методы сравнительного анализа существующих рыночных решений, анализ нормативно-технической документации (ГОСТ 34.602-89, ГОСТ Р 51672-2000), а также методы проектирования аппаратно-программных комплексов. **Новизна.** Предложена оригинальная модульная конструкция автоматизированной системы управления режущим инструментом, адаптируемая под нужды предприятий разного масштаба, с комплексным решением проблемы хранения не только отдельных инструментов, но и инструментальных наладок, что отсутствует в известных аналогах. **Результат.** Формализованы функциональные и технические требования к системе. Спроектирован модульный инструментальный шкаф для организации хранения инструментальных наладок и их комплектующих. Разработан алгоритм работы системы управления инструментом и создана реляционная база данных для ведения полного номенклатурного учёта. Концепция системы закладывает возможность её масштабирования и адаптации под нужды конкретного предприятия, а также обладает потенциалом для дальнейшей интеграции в технологические цепочки «Индустрии 4.0».

Ключевые слова: автоматизированная система управления инструментом, режущий инструмент, инструментальная наладка, ERP-система, информационная безопасность

© Магдеев К.Е., Сердюкова Е.А., Пятых А.С., 2026

Для цитирования

Магдеев К.Е., Сердюкова Е.А., Пятых А.С. Автоматизированная система учета и хранения режущего инструмента // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2026. Т. 24. №1. С. 148-156. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-1-148-156>



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

AUTOMATED SYSTEM FOR ACCOUNTING AND STORAGE OF CUTTING TOOLS

Magdeev K.E., Serdyukova E.A., Pyatykh A.S.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). Modern mechanical engineering is characterized by the active introduction of high-performance CNC treatment centers. However, their potential is often underutilized due to the unsatisfactory organization of the tool industry. The systems of accounting and storage of cutting tools that exist in many enterprises are becoming a bottleneck leading to significant downtime of processing equipment, tool losses and, as a result, to an increase in production costs. In this situation, the development of automated solutions for tool support in metalworking is becoming highly relevant. **Objectives.** The research is focused on developing an automated cutting tool control system (ACTS) “Tool Control”, which includes a modular storage cabinet and accounting software aimed at reducing operating costs and improving the efficiency of the tool industry. **Methods Applied.** The work uses methods of comparative analysis of existing market solutions, analysis of regulatory and technical documentation (GOST 34.602-89, GOST R 51672-2000), as well as methods of designing hardware and software complexes. **Originality.** An original modular design of the automated control system is proposed, adaptable to the needs of enterprises of different scales, with a comprehensive solution to the problem of storing not only individual tools, but also tool setups, which is absent in known analogues. **Result.** The functional and technical requirements for the system are formalized. A modular tool cabinet has been designed to organize the storage of tool setups and their components. An algorithm for the operation of the tool control system has been developed and a relational database has been created for maintaining complete nomenclatural accounting. The concept of the system makes it possible to scale and adapt it to the needs of a particular enterprise, and also has the potential for further integration into the technological chains of “Industry 4.0”.

Keywords: automated tool control system (ATCS), cutting tool, tool setup, ERP system, information security

For citation

Magdeev K.E., Serdyukova E.A., Pyatykh A.S. Automated System for Accounting and Storage of Cutting Tools. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2026, vol. 24, no. 1, pp. 148-156. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-1-148-156>

Введение

В современном машиностроении, где конкуренция высока, а требования рынка постоянно растут, предприятиям приходится искать пути повышения эффективности производства. В этих условиях важную роль играет организация работы с режущим инструментом для станков с ЧПУ, поскольку от него напрямую зависят производительность и качество обработки.

Однако автоматизация учета и хранения инструмента, инструментальных наладок до сих пор остается слабым звеном на многих предприятиях. Традиционные методы управления инструментальным хозяйством, основанные на ручном учете и хранении, не позволяют обеспечить необходимую оперативность выбора нужного инструмента, корректность сборки и своевременность загрузки инструментальных наладок в станок, что приводит к увеличению простоев оборудования, снижению производительности и увеличению затрат [1]. В то же время внедрение автоматизированных систем хранения и управления инструментом позволяет существенно повысить эффективность использования инструментального фонда, сократить время поиска и выдачи инструмента, минимизировать ошибки и потери, а также обеспечить

интеграцию с другими производственными системами предприятия. В зарубежных исследованиях [2] предложена интеллектуальная система выбора инструмента на основе геометрических признаков и RFID-идентификации, демонстрирующая эффективность интеграции баз данных и производственных правил для сокращения времени планирования операций.

Эффективное управление инструментом важно по нескольким причинам. Во-первых, инструмент напрямую влияет на качество изготавливаемых деталей. От его состояния, правильного выбора и своевременной замены напрямую зависят показатели производительности и экономической эффективности производства. Во-вторых, неэффективная организация хранения инструмента приводит к простоям станков, вызванным поиском необходимого инструмента или его отсутствием на складе. Как отмечено в исследованиях [3], затраты на инструментальное обеспечение в массовом производстве достигают 25-30% себестоимости продукции, что подчеркивает критическую важность автоматизированных систем учета. В-третьих, неучтенный расход или поломка ведут к лишним тратам. Таким образом, эффективное управление режущим инструментом, обеспечиваю-

щее его своевременную доступность, контроль состояния и оптимальное использование, является критически важным для поддержания конкурентоспособности машиностроительных предприятий и повышения их общей производственной эффективности. Как отмечается в исследованиях [4], современные вызовы инструментального обеспечения требуют системных решений, включая централизацию производства инструментов и интеграцию АСУ ТП. Это согласуется с задачей данной работы – созданием модульной автоматизированной системы управления режущим инструментом (АСУИ), адаптируемой для предприятий разного масштаба.

Для достижения этой цели одним из наиболее перспективных и эффективных решений является интеграция автоматизированной системы хранения и извлечения (ASRS) с системой управления данными об инструменте (Tool Data Integration, TDI).

Интеграция ASRS и TDI позволяет реализовать комплексный подход к оптимизации процессов инструментального обеспечения станков с ЧПУ, охватывающий все этапы жизненного цикла инструмента, от его поступления на склад до списания. Автоматизированная система хранения и извлечения обеспечивает автоматическое размещение инструмента на хранение, быстрый и безошибочный поиск и извлечение необходимого инструмента по запросу оператора или управляющей программы станка. В свою очередь, система управления данными об инструменте предоставляет централизованную базу данных, содержащую всю необходимую информацию об инструменте, включая его характеристики, параметры резания, ресурс, местоположение и историю использования. Кроме того, достигается существенное улучшение управления запасами инструмента, поскольку система позволяет отслеживать текущий уровень запасов, прогнозировать потребность в инструменте и автоматически формировать заказы на пополнение запасов. Повышается обслуживаемость инструмента, поскольку система позволяет контролировать его состояние, планировать техническое обслуживание и своевременно выявлять изношенные или поврежденные инструменты. В конечном итоге интеграция ASRS и TDI приводит к существенному сокращению простоев оборудования, повышению производительности и снижению затрат на инструментальное обеспечение. Как отмечается в современных исследованиях [5], автоматизированные системы хранения (AS/RS) становятся стандартом для промышленных предприятий, обеспечивая до 40% повышения эффективности использования складских площадей. Также, как показано в исследованиях [6], централизованная база данных инструмента в PDM-системе с синхронизацией библиотек CAD/CAM/ERP позволяет сократить ошибки учета на 30–40%, что критически важно для модульной АСУИ.

Материалы и методы исследования

Разработка АСУИ выполнялась как универсальное решение для нужд научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) технологии высокопроизводительной механической обработки, располагающей современным металлообрабатывающим оборудованием. В перечень оборудования входят: 5-координатный фрезерный обрабатывающий центр DMG HSC75V, 5-координатный фрезерный обрабатывающий центр DMG DMU 80P и 3-координатный вертикально-фрезерный центр DMC 635 V. У каждого оборудования свои технические характеристики (табл. 1).

Таблица 1. Технические характеристики фрезерных обрабатывающих центров

Table 1. Technical characteristics of milling machining centers

Параметр	DMC 635V	HSC75 linear	DMU80P
Конус шпинделя	SK-40	HSK-A63	SK-50
Количество мест в инструментальном магазине	20	30	40
Максимальные размеры инструмента:			
– длина, мм	300	300	550
– диаметр, мм	80	80	400
– вес, кг	6	6	30
Обороты шпинделя, мин ⁻¹	10 000	28 000	8 000
Мощность шпинделя, кВт	13	55	28
Группы обрабатываемых материалов	P, M, K	N	P, M, K, S, H

Обрабатывающие центры, рассмотренные в табл. 1, имеют шпиндели с разными конусами. Соответственно, для каждого обрабатывающего центра используются инструментальные наладки, отличающиеся базовыми держателями, устанавливаемыми в конус шпинделя. В состав инструментальной наладки входят: режущий инструмент (сборный/цельный), сменные пластины, винты для крепления пластин, цанги, штрельные болты. Кроме того, для закрепления инструмента используются зажимные патроны, которые соединяются с базовыми держателями за счет конуса Carpto.

На основании данных табл. 1 установлено, что вместимость инструментального шкафа должна составлять не менее 30% от количества гнезд в инструментальном магазине обрабатывающего центра. Для решения поставленной задачи были рассмотрены имеющиеся на рынке системы хранения и учета режущего инструмента (рис. 1).

HARD 2000-009011 ЧПУ – инструментальный шкаф с грузоподъемностью до 2000 кг. Оснащен ящиками и специализированными полками под держатели SK/HSK. В качестве защиты используется механический замок.



Рис. 1. Типы инструментальных шкафов: а – HARD; б – Matrix Max; в – Zoller tool Organizer
 Fig. 1. A tool cabinets types: a is HARD; б is Matrix Max; в is Zoller tool Organizer

Matrix Max – компактное решение для хранения инструмента и оснастки с электронной защитой. Имеется функция ручного управления при отключении питания.

ZOLLER Tool Organizer – модель, оснащенная функциями подсветки и блокировки ячеек. Имеется возможность интеграции с системой учета инструмента.

Был проведен сравнительный анализ существующих решений (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительный анализ инструментальных шкафов

Table 2. Comparative analysis of tool cabinets

Критерий	Шкаф №1	Шкаф №2	Шкаф №3
Наименование	HARD	Matrix Max	Zoller tool Organizer
Мониторинг износа	Нет	Нет	Дополнительное оборудование
Контроль доступа	Механический	Электронный	Электронный
Управление запасами	Ручное	Автоматизированное	Автоматизированное
Требования к обслуживанию	Низкие	Средние	Высокие
Максимальная нагрузка на полку/ящик	400/80	50	50-80
Цена	Низкая	Средняя	Высокая
Производитель и гарантия	Китай	Япония	Германия
Степень защиты	отсутствует	IP54	IP55
Модульность	отсутствует	есть	отсутствует

Сравнительный анализ трех типов инструментальных шкафов выявил существенные различия в их характеристиках и сфере применения. Модель HARD 2000 подходит для небольших производств, но отсутствие автоматической системы учета исключает её

использование в рассматриваемых условиях эксплуатации.

Matrix Max оптимален по функциональности, однако пригоден только для хранения сменных пластин и цельных инструментов. Важно отметить, что на данный момент приобретение данного оборудования в России невозможно по ряду причин.

ZOLLER с полной автоматизацией рекомендован для крупных предприятий, но для учета износа и хранения инструментальной наладки требуется приобретение дополнительных модулей. Из-за собственной экосистемы ZOLLER подключение дополнительных модулей других производителей невозможно или затруднительно.

Также были проанализированы патентные аналоги автоматизированной системы хранения инструмента. Наиболее близкими выступают системы, описанные в российском патенте RU 186382 U1 [11] и американском патенте US 8554364 B2 [12].

Российское решение сочетает модуль управления с сенсорной панелью и сканером штрих-кодов с модулем хранения, организованным в виде выдвижных ящиков с индивидуальными ячейками. Каждая ячейка оборудована световым индикатором и оснащена системой контроля наличия инструмента через прижимную пластину с концевым выключателем и сканер считывания штрих-кода, что обеспечивает точный учет содержимого.

Хотя американское решение не имеет аппаратного контроля наличия инструмента в каждой ячейке, оно предлагает передовые функции, такие как управление доступом с использованием биометрии и интеграцию с корпоративными системами учета.

При этом ни одно из решений не обеспечивает возможность хранения инструментальных наладок. Конструкции отсеков пригодны только для размещения сменных пластин. Кроме того, в рассматриваемых

мых патентах отсутствует модульность системы, которая позволяла бы оптимизировать их под конкретные нужды каждого участка производства, эффективно используя доступное пространство и упрощая логистику.

Таким образом, наиболее перспективным направлением представляется разработка адаптивной системы выбора конфигурации шкафа под конкретные

производственные задачи. Автоматизированная система должна обеспечивать хранение и учет готовых к использованию инструментальных наладок, режущего и вспомогательного инструмента и соответствовать требованиям (табл. 3). Разрабатываемая система не должна противоречить нормативно-технической документации ГОСТ 34.602-89 [7], ГОСТ Р 51672-2000 [8] и ГОСТ 12.2.003-91 [9].

Таблица 3. Функциональные и технические требования
Table 3. Functional and technical requirements

Функциональные требования	
Учет инструмента	Ведение централизованной номенклатуры инструмента с атрибутами (наименование, тип, инвентарный номер, технические параметры, поставщик, стоимость)
	Учет местоположения каждой единицы инструмента (склад, станок, в ремонте, списан)
	Контроль остатков на складах и автоматическое предупреждение о достижении минимального уровня
	Учет срока службы и ресурса инструмента (наработка в минутах)
	Фиксация истории перемещений и операций по каждому инструменту
	Учет конструктивных и геометрических параметров
Автоматизация процессов выдачи/приемки	Обеспечение быстрой и безошибочной идентификации инструмента при выдаче сотруднику/на рабочий центр и приемке обратно с использованием RFID
	Электронное оформление заявок на выдачу инструмента
	Контроль соответствия выданного инструмента производственному заданию
Контроль состояния инструмента	Фиксация даты, времени и ответственного лица при каждой операции
	Фиксация текущего статуса инструмента (исправен, требует заточки/ремонта, списан)
	Ведение истории обслуживания, ремонтов и заточек
Формирование отчетности	Формирование регламентных работ по обслуживанию инструментального парка
	Генерация стандартных отчетов: оборотные ведомости, карточки учета, отчеты по остаткам, отчеты по движению инструмента за период
	Аналитические отчеты: оценка эффективности использования инструмента, анализ потерь и списаний, расчет стоимости инструментального обеспечения на единицу продукции
	Возможность настройки и создания пользовательских отчетов
Технические требования	
Конструктивные особенности	Возможность установки инструментальных наладок на базовых держателях SK40, SK50, HSK63A, Capto 3-8
	Максимальный диаметр устанавливаемого инструмента 160 мм
	Максимальная длина инструментальной наладки 350 мм
	Минимальная нагрузка на полку/ящик 250/50 кг
	Минимальное количество устанавливаемых наладок на базовом держателе: – SK40 – 6 шт.; – SK50 – 12 шт.; – HSK 63A – 9 шт.; – Capto 3–8 – по 10 шт.
Надежность и доступность	Коэффициент готовности системы: не менее 0,99
	Время восстановления работоспособности после сбоя: не более 15 мин
Производительность	Время реакции системы на типовые запросы пользователя: не более 2 с
Технологии идентификации	Обязательная поддержка технологий автоматической идентификации: RFID (метки и считыватели)
Условия эксплуатации	Степень защиты оболочки: не ниже IP54
	Рабочий диапазон температур: от +10 до +35°C
	Рабочий диапазон влажности: от 30 до 80%
Архитектура	Модульность архитектуры: возможность независимого подключения/отключения функциональных модулей (складской модуль, модуль отчетности, модуль интеграции и т.д.)
	Масштабируемость: возможность увеличения количества пользователей и объема учитываемого инструмента без критического изменения архитектуры
Требования к интеграции	
Бесшовная интеграция с корпоративными системами	Обмен данными с ERP-системой (заказы на инструмент, данные по себестоимости, номенклатура)
	Обмен данными с MES-системой (производственные задания, информация о рабочих центрах, привязка инструмента к операциям)
	Наличие API (REST, SOAP) для организации обмена данными

На заключительном этапе исследований планируется создание функционального прототипа АСУИ для проведения тестирования и апробации в реальных производственных условиях, результаты которого будут использованы для уточнения и корректировки разработанных требований, а также для оценки эффективности и экономической целесообразности внедрения АСУИ на машиностроительных предприятиях.

Полученные результаты и их обсуждение

В результате проведенных работ была разработана модель модульного инструментального шкафа для АСУИ, соответствующая требованиям, представленными в табл. 3. В основе системы заложена модульная организация внутреннего пространства с регулируемыми направляющими и выдвижными ящиками различных размеров, что позволяет оптимально размещать инструмент любого типа. Ящики оборудованы плавно выдвигающимися направляющими с доводчиками и системой фиксации, предотвращающей случайное выпадение инструмента.

Система безопасности включает кодовый электронный замок, датчики наличия инструмента в ячейках и контроль доступа через сенсорную панель управления. Для управления был выбран микрокомпьютер Raspberry Pi.

Разработанная система хранения представляет

собой инструментальный шкаф, где 1 – дисплей, 2 – выдвижные стеллажи для инструментальных наладок, 3 – ящики для цельнометаллического инструмента, 4 – ящики для сменных пластин, 5 – считыватель данных с RFID-метки (рис. 2).

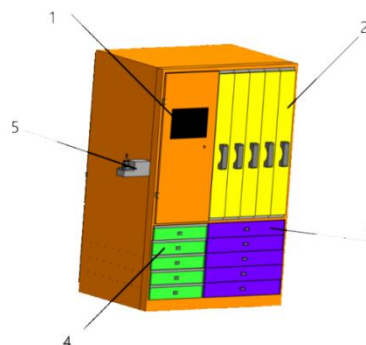


Рис. 2. Система хранения инструмента
Fig. 2. Tool storage system

Внутренние модули разработанного шкафа представляют с собой модульные конструкции (рис. 3, 4). Так как конструкция модульная, соответственно, ящики под комплектующие имеют разные габариты и могут быть заменены исходя из потребностей конкретного производственного участка.

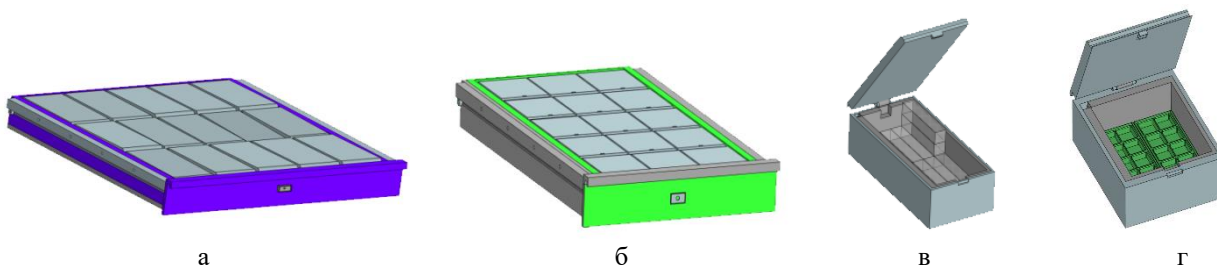


Рис. 3. Модели и внешний вид ящиков и ячеек: а – ящик для ячеек с режущим инструментом; б – ящик для ячеек со сменными пластинами; в – ячейка для режущего инструмента; г – ячейка для сменных пластин

Fig. 3. Models of boxes and cells appearance: а is a box for cells with a cutting tool; б is a box for cells with replaceable plates; в is a cell for cutting tools; г is a cell for replaceable plates

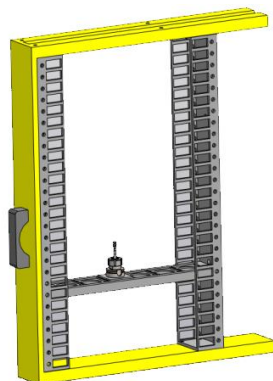


Рис. 4. Выдвижной стеллаж для инструментальных наладок
Fig. 4. Pull-out rack for tool setups

Алгоритм функционирования системы (рис. 5) реализован следующим образом: работа системы начинается с процедуры загрузки и последующей авторизации пользователя. Уровень доступа к функционалу системы определяется правами пользователя, и после успешной авторизации на дисплее отображается соответствующее меню выбора. В процедуре выгрузки инструмента пользователь выбирает необходимые позиции на дисплее, после чего система активирует соответствующие замки и индикаторы для облегчения поиска. Пользователь извлекает инструмент, и после закрытия ящика или стеллажа пользователь обязан подтвердить факт изъятия на дисплее. В процедуре загрузки инструмента пользователь выбирает операцию: добавление нового инструмента или обновление информации о существующем. Производится сканирование метки инстру-

мента для добавления в базу данных или обновления существующих записей. Система анализирует базу данных для определения свободной ячейки, затем активирует соответствующие замки и индикаторы для обозначения расположения ячейки. После загрузки инструмента пользователь закрывает ящик или стеллаж и обязан подтвердить факт загрузки на дисплее. Для обеспечения точного учета и предотвращения потерь система ведет электронный журнал, в котором фиксируются все операции с инструментом, включая информацию о пользователе, идентификатор инструмента, дату и время операции.

На данный момент программа представляет собой базу данных об инструментах (рис. 6). Пользователю доступны такие функции, как внесение конструктивных параметров инструмента, сведения об обрабатываемом материале, стойкость.

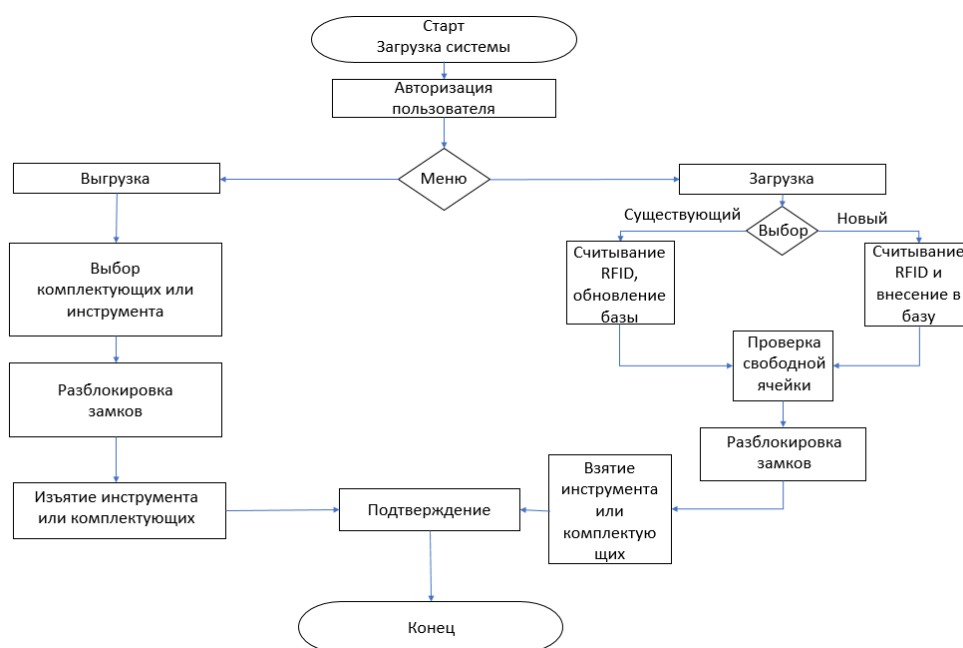


Рис. 5. Алгоритм АСУИ
Fig. 5. Algorithm of the automated tool control system

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
№	Тип	Наим. инструмента	Количество лубрик.	Диаметр	Угол	Общая длина	Рабочая длина	Валовый или корпусный	Держатель	Обрабатываемый материал	Пластинки или материал инструмента	Квалитет	Dr	IN	OUT	Остаточное время			
1	1	REAMER_D10	2	10	120	100	30	Цельный	SK-50	P	DC6018	-	3	1	1	10.33			
2	1	MILL_D30	4	30	90	100	30	Корпусный	HSK.63	P	IA6330	-	2	0	1	8.56			
3	1	DRILL_D10	2	10	120	100	60	Цельный	HSK.63	P, H	TiSiN	H10	2	1	0	10.50			
4	1	REAMER_D10_K	3	10	90	90	35	Цельный	SK-50	P, K	TCGT	-	1	1	1	30.31			
5	1	MILL_D30_K	4	30	90	80	24	Корпусный	SK-50	K	IA6330	-	1	0	1	50.23			
6	1	DRILL_D20	2	20	120	120	60	Корпусный	SK-50	N	TiAlSiN	H8	1	1	1	10.47			
7	1	MILL_D30_S	4	30	90	90	50	Цельный	HSK.63	S	IA6325	-	1	1	0	10.45			
8	1	REAMER_D8	2	8	120	100	30	Корпусный	HSK.63	P, S, M	TCGT	-	1	1	1	10.47			
9	1	DRILL_D12	2	12	120	421	242	Корпусный	SK-40	P	P6M5KB	H10	1	1	1	8.56			
10	1	MILL_D50	4	50	90	120	20	Цельный	HSK.63	S, H	IA6325	-	1	0	1	23.31			
11	1	REAMER_D10_S	2	10	90	100	50	Корпусный	HSK	P, S, K	DC6018	-	1	1	1	10.30			
12	1	MILL_D40	2	40	45	50	10	Корпусный	SK-40	P, S	YG602	-	1	1	0	40.29			
13	1	MILL_D30_N	2	30	90	75	50	Корпусный	SK50	N	YG602	-	1	1	1	11.35			
14	1	DRILL_D10_N	2	10	120	120	100	Корпусный	HSK.63	N	P6M5KB	H8	1	1	1	10.34			
15	1	MILL_D10	4	10	90	100	50	Цельный	HSK.63	N	TiAlSiN	-	1	1	0	11.35			

Рис. 6. База данных
Fig. 6. Database

Заключение

В результате работы создана система автоматического учета и хранения инструмента, которая представляет собой комплексное решение для современного машиностроительного производства.

Данная система позволит обеспечить не только сохранность дорогостоящего оснащения, но оптимизировать ключевые производственные показатели. Система точного учета позволит сократить потери инструмента, а автоматизация процессов выдачи сократит временные затраты. При этом анализ существующих рыночных решений показывает их существенные ограничения в части функциональности и интеграционных возможностей.

Особенностью решения АСУИ является ее масштабируемость и возможность к интеграции в цифровую экосистему предприятия, включая подключение к ERP- и MES-системам. В дальнейшем интеграция с облачными платформами по аналогии с Blynk [12] позволит реализовать мобильный мониторинг состояния инструмента без прямого доступа к ERP-системам.

Перспективы развития платформы связаны с внедрением технологий предикативной аналитики для прогнозирования износа инструмента и реализацией функций автоматического пополнения запасов. Эти усовершенствования позволят перевести управление инструментальным хозяйством на качественно новый уровень, обеспечивая предприятиям дополнительное конкурентное преимущество в условиях высокотехнологичного производства.

Список источников

1. Бобков А.Н. Системный подход к организации инструментального хозяйства // Научный журнал СПбГПУ. 2024. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-67
2. Ostojic G., Tadic B., Luzanin O. An integral system for automated cutting tool selection // Scientific Research and Essays. 2011, vol. 6, no. 15, pp. 3240–3251.
3. Лазарев А.Ю., Лисицин В.Н., Трушин Н.Н. Принципы эффективного управления инструментальным обеспечением станочного парка машиностроительного предприятия // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. Вып. 6. С. 215–224.
4. Истоцкий В.В., Юдин С.В. Инструментальное производство: проблемы и пути решения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. Вып. 3. С. 219–226. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-3-219-226.
5. Khan Z., Ahmed M.B. Advancements in Automated Storage and Retrieval Systems: A Comprehensive Review // Robotics & Automation Engineering Journal. 2025, vol. 6, no. 3, art. 555684. DOI: 10.19080/RAEJ.2025.06.555684.
6. Смагин А.С. Построение базы данных режущего инструмента в АСТПП // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2008. №48. С. 130–135.
7. ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы. Введ. 01.01.1990. М.: Стандартинформ, 1989. 24 с.

8. ГОСТ Р 51672-2000. Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения. Введ. 2001-07-01. М.: Госстандарт России, 2000. 12 с.
9. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. Введ. 1992-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 8 с.
10. Пат. RU186382 U1 Российская Федерация, МПК В25Н 3/02. Автоматизированный ящик для хранения инструмента / А.Е. Анищенков, В.А. Борисов, С.В. Турченко, В.Я. Обушников; патентообладатель АО «ФНПЦ "ПО "Старт" им. М.В. Проценко». № 2018100922; заявл. 10.01.2018; опубл. 17.01.2019.
11. Pat. US8554364 B2 United States, MPC G06F 17/00, A47B 88/00. Apparatus for securing drawer contents / William K. Holmes, Kent V. Savage, Charles A. Tyack; assignee and patent holder SupplyPro, Inc. (US). № 10/636,368; заявл. 07.08.2003; приоритет 07.08.2002, № 60/401,832; опубл. 08.10.2013.
12. Салихов Р.Б., Гаскарова А.А., Важаев К.В. Разработка автоматизированной системы экологического мониторинга с применением технологий IoT // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2023. Вып. 2. С. 67–72.

References

1. Bobkov A.N. System approach to the organization of the tool department. *Nauchniy zhurnal SPbGPU* [Scientific Journal of St.Petersburg Polytechnic University]. 2024. (In Russ.) DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-67
2. Ostojic G., Tadic B., Luzanin O., Stankovski S., Vukelic D., Budak I., Miladinovic L. An integral system for automated cutting tool selection. *Scientific Research and Essays*. 2011;6(15):3240-3251.
3. Lazarev A.YU., Lisitsin V.N., Trushin N.N. Efficient tool management for manufacturing companies. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya Tula State University. Technical Sciences]. 2022; 6: 215-224. (In Russ.)
4. Istotskiy V.V., Yudin S.V. Toolmaking: challenges and solutions. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya Tula State University. Technical Sciences]. 2021;3:219-226. (In Russ.) DOI: 10.24412/2071-6168-2021-3-219-226.
5. Khan Z., Ahmed M.B. Advancements in Automated Storage and Retrieval Systems: A Comprehensive Review. *Robotics & Automation Engineering Journal*. 2025;6(3). Art. 555684. DOI: 10.19080/RAEJ.2025.06.555684.
6. Smagin A.V. Construction of a cutting tool database in planner-oriented system. *Nauchno-tekhniicheskiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics]. 2008;(48):130-135. (In Russ.)
7. State standard GOST 34.602-89. Information technology. Set of standards for automated systems. Technical directions for automated system making. Moscow: Standartinform, 1989, 24 p. (In Russ.)
8. State standard GOST R 51672-2000. Metrological ensuring of product testing for the assurance of conformity. General principles. Moscow: State Standard of Russia, 2000, 12 p. (In Russ.)
9. State standard GOST 12.2.003-91. Occupational safety standards system. Industrial equipment. General safety

- requirements. Moscow: Standards Publishing House, 1991, 8 p. (In Russ.)
10. Anishchenkov A.E., Borisov V.A., Turchenko S.V., Obushnikov V.Ya. Automated tool storage box. Patent RU, no. 186382 U1, 2019.
11. Holmes William K., Savage Kent V., Tyack Charles A. Apparatus for securing drawer contents. Patent US, no. 8554364 B2, 2013.
12. Salikhov R.B., Gaskarova A.A., Vazhdaev K.V. Development of an automated system for environmental monitoring using IoT technologies. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskije nauki* [Izvestiya Tula State University. Technical Sciences]. 2023;2:67-72. (In Russ.)

Поступила 10.10.2025; принята к публикации 05.02.2026; опубликована 31.03.2026
Submitted 10/10/2025; revised 05/02/2026; published 31/03/2026

Магдеев Кирилл Евгеньевич – студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: Kirillg201194@gmail.com. ORCID 0009-0006-0698-9042

Сердюкова Елизавета Александровна – студент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: lizaserukova16@gmail.com. ORCID 0009-0006-2809-2527

Пятых Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств,
Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: pyatykhas@ex.istu.edu. ORCID 0000-0002-4116-9190

Kirill E. Magdeev – Student,
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.
Email: Kirillg201194@gmail.com. ORCID 0009-0006-0698-9042

Elizaveta A. Serdyukova – Student,
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.
Email: lizaserukova16@gmail.com. ORCID 0009-0006-2809-2527

Aleksey S. Pyatykh – PhD (Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Equipment for Mechanical Engineering Production,
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.
Email: pyatykhas@ex.istu.edu. ORCID 0000-0002-4116-9190