



УДК 65.011.56

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

Саратов Александр Михайлович

Кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)» г. Москва roat@miit.ru

Аннотация

Системы управления инструментальным хозяйством необходимы в промышленности для получения, хранения и использования информации о наличии, распределении и состоянии инструментов. В зависимости от числа инструментов и сложности технологического процесса можно выделить несколько уровней сложности таких систем. Для высоких уровней сложности обычными являются компьютерные системы управления инструментальным хозяйством, позволяющие хранить, обрабатывать и представлять информацию в виде удобном для анализа и принятия решений. Наиболее современные системы полностью автоматизированы. Они позволяют отказаться от персонала, как части системы управления инструментальным хозяйством. Основа таких систем - мощный компьютер, соединённый с современным оборудованием распознавания образов, что позволяет получить исключительные возможности управления.

Ключевые слова: управление инструментальным хозяйством, уровни сложности, компьютерные системы, автоматизированные системы.

ADVANCED TOOL MANAGEMENT SYSTEMS

Alexander M. Saratov

Candidate of Technical Sciences

FSBEI of HE "Russian University of Transport (MIIT)" Moscow (roat@miit.ru)

ABSTRACT

Tool management is needed in industry so that the information regarding the tools on hand can be uniformly organized and integrated. Several levels of tool management could be determined in accord with the amount of tools and complexity of the manufacturing process. At high complexity levels powerful PC-based database is a routine. The information is stored in a database and is registered and applied using tool management. Tool data management consists of specific data fields, graphics and parameters that are essential in production, as opposed to managing general production equipment. Up-to-date tool management systems are fully automatic. No personnel is involved in process. Powerful computer integrated with innovative digital imaging technology has created a premium asset management category.

Keywords: tool management, complexity levels, PC-based database, automatic management

Общий термин «инструментальное хозяйство» объединяет множество различных подразделений, служб, специализированных помещений и площадок, комплектов оборудования. Сюда же включаются управленческие отделы предприятия и бухгалтерия. Тот или иной порядок взаимодействия этих составляющих можно определить как систему управления инструментальным хозяйством. Как следует из определения, существует и практически используется множество различных систем управления инструментальным хозяйством – от самых простых для небольших производств до весьма сложных для крупных предприятий, серийно выпускающих большие объёмы продукции. Однако цель любой такой системы одна – повышение производительности и снижение издержек. Это определяет нужный уровень сложности системы и принципы её создания. Понятно, что рассмотреть все возможные способы практической реализации системы управления инструментальным хозяйством невозможно. В качестве примера в данной статье рассматривается наш опыт организация работы инструментального хозяйства цеха окончательной сборки (базы периодического технического обслуживания) авиационного предприятия.

Уровень 1.

Небольшой пост периодического технического обслуживания легкомоторных самолётов или небольших вертолётов. Количество механиков один-два человека, количество инструментов – около двухсот. Вся система управления инструментами сводится к упорядочиванию их хранения. Механик хорошо помнит какой инструмент, где лежит, какой требует ремонта, замены или калибровки и, таким образом, он сам и выполняет все необходимые процедуры управления своим небольшим инструментальным хозяйством: упорядочивание хранения, упорядочивание использования, контроль за исправностью, быстрый доступ к нужному инструменту. Всё это возможно благодаря высокому уровню квалификации работника. Специальное оборудование для работы такой «системы» весьма элементарно – это различные подложки, специальные крепления, инструментальные ящики и сумки (рис. 1).



Рисунок 1. Приспособления простейшего инструментального хозяйства

Уровень 2.

Авиационно-техническая база, производящая периодическое обслуживание (например ремонт и замену авиационных двигателей). Количество работающих 5-6 человек. Количество инструмента 300-500 единиц. Так как производится частичная разборка и сборка двигателя, возникает дополнительное требование к системе управления инструментом – обеспечение требования стандарта FOD (Foreign Object Damage) – отсутствие посторонних предметов в авиационном агрегате после сборки. Понятно, что чаще всего посторонним предметом оказывается именно забытый внутри инструмент. На этом уровне сложности может возникнуть необходимость в отдельном специалисте, который управляет только инструментальным хозяйством. Однако в самом простом случае, предприятие обходится без него. Добавляется только предписанное стандартом FOD обеспечение наглядности контроля за наличием инструмента. Простейшее приспособление достаточное для этой цели контрастная подложка, на которой выложены все инструменты. Такие подложки должны быть полностью видны. Они могут крепиться на стене или на специальной тележке (рис.2).



Рисунок 2 Инструментальная тележка по стандарту FOD

Уровень 3.

Цех окончательной сборки авиационного предприятия (или крупная авиационно-техническая база). Количество рабочих несколько десятков (или даже сотен) человек. Инструментальный парк – несколько тысяч единиц инструмента. На этом уровне сложности появляется инструментально-раздаточная кладовая (ИРК). Действительно, количество, разнообразная номенклатура инструмента, наличие нескольких участков работы (постов) и, соответственно, бригад специалистов требует, для обеспечения слаженной работы, наличия отдельного подразделения, специального оборудования и квалифицированных работников. Функции ИРК в системе управления инструментальным хозяйством [2]:

- Получение с центрального инструментального склада или от внешнего поставщика инструмента, соответствующего выполняемым технологическим операциям.

- Хранение инструмента, его сопроводительной и учётной документации.

- Ведение учёта инструмента.

- Выдача инструмента исполнителям и приём его по окончании работы.

- Обеспечение периодического обслуживания инструмента (заточки, проверки, калибровки, ремонта и т. п.).

- Списание изношенного или повреждённого инструмента.

- Периодическая инвентаризация инструментального хозяйства.

- Оформление отчётной документации по установленным формам.

Такая система управления инструментальным хозяйством принята на большинстве отечественных предприятий. В этом случае в ИРК цеха окончательной сборки

занято от пяти до пятнадцати и более сотрудников. В целом, это позволяет выполнять все функции, перечисленные выше. Но есть и существенные недостатки. Много времени занимает оформление отчётной документации. Инвентаризация занимает не только работников ИРК, но часто требует привлечения дополнительных сотрудников. Особенности затруднения вызывает ежедневная рутинная выдача инструмента на рабочие места и его приём по окончании работы. Требуется осмотр инструмента (при выдаче и приёме), занесения сведений о выдаче и приёме в журнал. Это занимает достаточно длительное время. А ведь это требуется делать каждый раз перед началом работы и перед её окончанием. Понятно, что в короткое время нужно выдать (или принять) инструмент сразу всем работникам. И конечно для выдерживания разумного времени этого процесса работники ИРК заполняют журналы второпях. Но самое главное - осмотр инструмента проводится формально, то есть, строго говоря, совсем не проводится. Это приводит к тому, что в ИРК сдаётся повреждённый инструмент, а это выясняется только при выдаче, когда его осматривает уже сам получающий. Поэтому следующий шаг в совершенствовании системы управления инструментальным хозяйством – компьютерная система управления.

Уровень 4

На этом уровне применяется не просто офисный компьютер, где нужные формы документов заполняются при помощи клавиатуры и сохраняются в памяти. Система меняется достаточно существенно. Используется специализированное программное обеспечение и периферийные устройства, что позволяет увеличить производительность и сократить время выдачи и приёма инструмента. Специализированное программное обеспечение позволяет вести в реальном времени учёт выданного, сданного и наличного инструмента, автоматически формировать все необходимые формы документов и отчётов (как стандартные, так и любые по требованию заказчика). Инструмент маркируется бар-кодом при помощи лазерной гравировки или специальной наклейки (рис.3).



Рисунок 3. Бар-код на трещотке (лазерная гравировка)

Наряду со стационарным компьютером, который может быть установлен где угодно – в цехе, на центральном складе, в бухгалтерии и т.п.), каждый работник ИРК использует специальный карманный компьютер (или стандартный планшет или просто мобильный телефон со специальным приложением). На рисунке 4 показан специальный карманный компьютер системы управления инструментальным хозяйством.



Рисунок 4. Карманный компьютер системы инструментального хозяйства

Кроме того, специальное приложение (по желанию) может быть установлено на мобильный телефон рабочего для удобства контроля с его стороны. Если же приложение не установлено, то при получении и возврате инструмента работнику выдаётся бумажный чек, который автоматически печатается специальным принтером. При выдаче и приёме инструмента работник ИРК сканирует карманным сканером пропуск рабочего, а затем все инструменты, которые он получает (или сдаёт) подобно тому, как это делает кассир в супермаркете. Все периферийные устройства беспроводные, так что выдача и приём могут производиться в любой точке на территории предприятия. На рисунке 5, слева направо: принтер для чеков, принтер для бар-кодов, зарядное устройство, карманный сканер.



Рисунок 5. Принтер чеков, бар-кодов, зарядное устройство, сканер

В США существует несколько признанных компьютерных систем управления инструментальным хозяйством, которые устанавливают и обслуживают специализированные фирмы. Они поставляют всё необходимое оборудование и настраивают систему по требованиям заказчика (включая связь с существующими базами данных, автоматическую передачу необходимых отчётов соответствующим службам и т.п.) Среди наиболее известных систем – Asset Panda, ShearMyToolbox и GigaTrack [1]. Стоимость технического сопровождения системы зависит от её конфигурации и составляет от 35 до 75 долларов в месяц. Подобными системами оснащено около 80% авиационных предприятий в США. Отечественные предприятия только начинают вводить подобные системы, причем разрабатывают их своими силами, что конечно сильно сказывается на стоимости систем и качестве их работы. Пока в России таких систем единицы. Однако и компьютерные системы управления инструментальным хозяйством не решают всех проблем. Не на все инструменты можно нанести лазерную гравировку, а наклейки с бар-кодом повреждаются во время работы. Есть и такие инструменты, которые нельзя пометить ни гравировкой, ни наклейкой – например отвёрточные биты или свёрла. Остаются проблемы инвентаризации и осмотра инструмента при выдаче и приёме. В обоих случаях нужен тщательный осмотр инструмента, чего не может сделать никакой сканер.

Уровень 5

В конце двухтысячных годов в США появились системы управления инструментальным хозяйством, которые можно считать совершенно новым уровнем реализации. Это автоматизированные инструментальные системы (АИС) [3]. Принципиальное отличие таких систем от систем 4 уровня – полное отсутствие персонала. То есть человек, как элемент системы, полностью исключается. Причём исключается и как пользователь инструмента (механик) и как сотрудник ИРК (работник склада). При этом система полностью выполняет все функции ИРК и даже лучше, чем система 4 уровня. Вместо инструментального склада ИРК в системе используется инструментальная тележка (тележки), в которой инструмент и хранится, и перевозится, и автоматически выдаётся, и принимается. Внешне такая тележка выглядит вполне обыкновенно и не требует от рабочего каких-то особых навыков обращения с ней (рис. 6).



Рисунок 6. Инструментальная тележка системы АИС

Внутреннее же устройство такой тележки достаточно сложно. В ней установлен мощный компьютер, использующий операционную систему Windows. Специальное программное обеспечение управляет следующими функциями, которые в системах более низкого уровня обеспечивались персоналом:

Функция доступа. Тележка открывается или пропуском рабочего, или отпечатком пальца, или сканированием сетчатки глаза (опционально). Закрывается автоматически после того, как задвинуты все выдвижные ящики.

Функция выдачи (приёма) инструмента. Тележка снабжена оптическими датчиками, которые при помощи сканирования и программы распознавания образов позволяют компьютерной программе определять какой инструмент взят и какой возвращён. Сканирование производится при выдвижении и закрытии ящика. Кроме того, при начале движения ящика из закрытого положения и при закрытии система делает полный снимок всего ящика в высоком разрешении. Основными техническими проблемами тут было создание соответствующих оптических датчиков, программная компенсация оптической аберрации и создание надёжной программы распознавания оптических образов. Все эти проблемы были успешно решены. Система распознаёт инструмент по его оптическому образу, причём с очень высоким разрешением, так что может легко различить два одинаковых гаечных ключа, которые для человеческого взгляда неразличимы. Это избавляет от необходимости какой-либо маркировки инструмента – система знает все инструменты так сказать «в лицо». Это же свойство позволяет избавиться от ещё одного недостатка присущего системам 4 уровня – производится автоматический и весьма тщательный «осмотр» инструмента при сдаче и выдаче. Например, в системе есть образ рожкового гаечного ключа, сформированный при выдаче его механику, при возврате ключа

будут замечены малейшие отклонения от первоначальной формы (например увеличение раствора губок из-за перегрузки ключа).

Формирование отчётов. Система может формировать любые отчёты по любым критериям и рассылать их по плану или по запросу всем, кто имеет доступ к системе. Для связи используется кабель или беспроводной канал WI-FI. Запрос может быть сформирован и оперативно в произвольной форме (например «сколько времени использовал торцовую головку 3/8" с 1.04.2022 по 17.06.2022 Петров А.Г.»). Также не является проблемой инвентаризация инструментального хозяйства – она проводится мгновенно нажатием одной кнопки, причём без какого-либо замедления производства.

На рисунке 7 показан выдвижной ящик тележки с подсветкой от оптических датчиков.



Рисунок 7. Выдвижной ящик АИС с подсветкой оптических датчиков

Для механика работа системы незаметна и никак не отвлекает его от производственной деятельности. Он пользуется системой как обычной инструментальной тележкой – открывает её, берёт нужный для работы инструмент, возвращает на место ненужный, причём в произвольном порядке – что-то взял, потом положил, потом вспомнил и взял что-то ещё, думая о работе, а не об оформлении личной карточки. Тележка автономна по питанию и может работать без подзарядки 72 часа. Её можно перемещать по цеху и даже по всему предприятию. Дисплей тележки показывает рабочему какой инструмент взят и какой возвращен, кроме того, эта информация дублируется голосом. Специальное приложение позволяет рабочему получать касающуюся его информацию от системы на мобильный телефон. Такая система уже показала свою надёжность, удобство и экономическую эффективность. Причем экономический эффект получается не только от сокращения персонала ИРК, но и от того, что рабочие, зная, что система замечает даже небольшие повреждения инструмента, начинают работать аккуратно и использовать инструмент по назначению, что заметно увеличивает срок его службы. Одна тележка уже есть законченная АИС, но крупные предприятия используют расширенную конфигурацию системы – несколько тележек, вмещающих от 500 до 750 инструментов каждая, внешний сервер системы, сервер хранения архива файлов и SQL сервер. Наиболее распространённая конфигурация АИС 5 уровня показана на рисунке 8. На нём, кроме передвижных тележек указана возможность использования в системе стационарных шкафов для крупного и негабаритного инструмента – пневматических шлангов, сверлильных машин с автоматической подачей и т.п. В этом случае вместо системы распознавания образов при помощи оптического сканирования используется хорошо отработанная RFID технология.

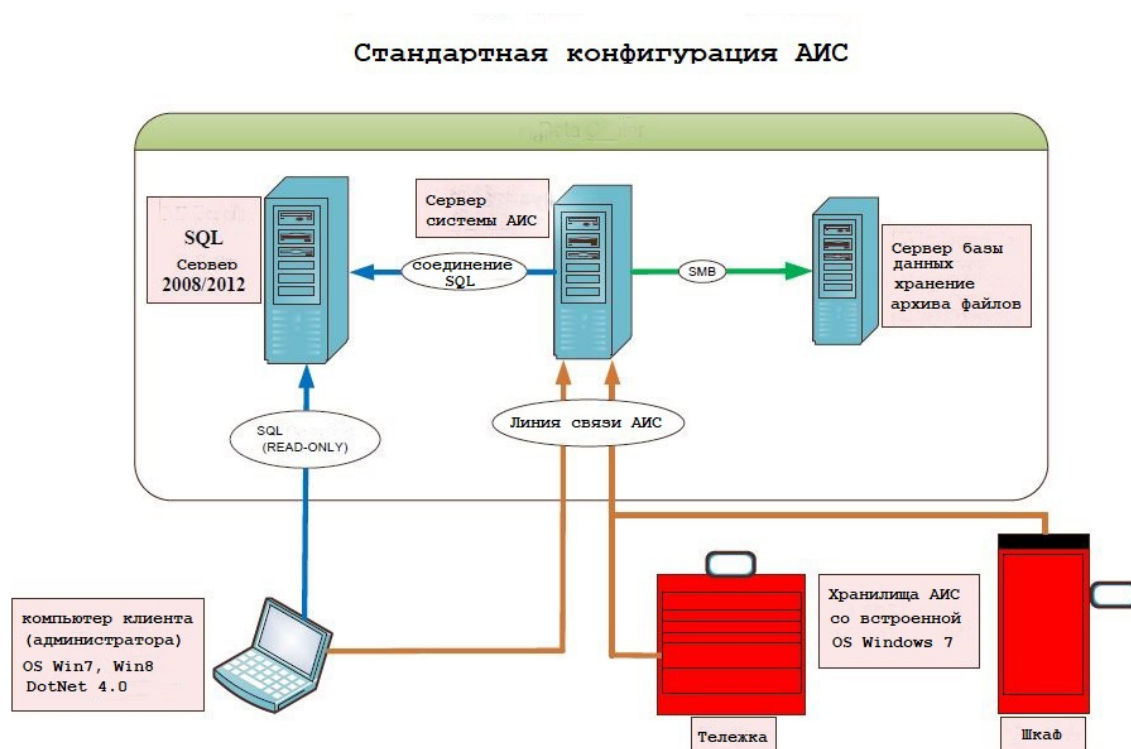


Рисунок 8. Блок-схема стандартной конфигурации АИС

Несмотря на некоторую экзотичность для наших специалистов, система доказала свою надёжность и работоспособность. В авиационной отрасли США её используют такие крупные компании как Boeing и Gulfstream. Система конфигурируется и поставляется «под ключ» специализированными компаниями, которые и обеспечивают в дальнейшем техническую поддержку. Что же касается затрат на приобретение и установку системы, то при стоимости одной тележки около 40 000 долларов, освобождение от персонала ИРК позволяет окупать её примерно за год. Причём дополнительных внеплановых расходов не требуется – экономия на зарплате сотрудников ИРК примерно равна выплатам по кредиту на приобретение системы. Сейчас доля использования АИС 5 уровня в гражданском авиастроении США достигает 18%. Две такие системы используются и в отечественной промышленности – это вертолётный завод в Томилино Московской области и авиационно-техническая база обслуживания вертолётов на Сахалине.

Список литературы:

1. Janette Novak, Kelly Main. Best Equipment and Tool Inventory Software // Forbs Advisor. Jan 31, 2023.
2. Селиванов А. В., Черкашин Д. В. Управление инструментальными потоками промышленного предприятия // Логистические системы в глобальной экономике. 2020. №10. С.272-276.
3. Albert Mark. Standard tool classification for better data communication // Modern Machine Shop. Jan 01, 2016.

References:

1. Janette Novak, Kelly Main. Best Equipment and Tool Inventory Software // Forbs Advisor. Jan 31, 2023.

2. Selivanov A. V., Cherkashin D. V. Management of instrumental flows of an industrial enterprise // Logistic systems in the global economy. 2020. No. 10. pp.272-276.
3. Albert Mark. Standard tool classification for better data communication // Modern Machine Shop. Jan 01, 2016.