

УДК 004.75 : 681.518.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ППР СТО САМОЛЁТОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2024 М.М. Бажутин

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 06.06.2024

Статья обсуждает автоматизацию учёта, контроля и планирования изготовления, доработки, ремонта, обслуживания и движения средств технологического оснащения (СТО) в условиях самолётостроительного предприятия в увязке с базой данных состава изделия, планами производства на основе расчёта дерева состава изделия, складским учётом и бухгалтерским учётом, а также с учётом и контролем элементарных технологических операций в цехах основного производства. Первичные данные предлагается собирать на основании чтения машинно читаемой метки с помощью специализированного с поточным вводом/выводом, работающего на виртуальном COM порте или как устройство пула /dev или с помощью мобильного устройства, с которым организовано сетевое взаимодействие в рамках защищённой сети. Расчёт регистрируемой системой первичной операции предлагается проводить с помощью интеллектуальной экспертной системы, работающей на онтологии состояний и переходов системы. Таким образом, достигается минимизация операций, требуемых от пользователя и, следовательно, более короткий цикл обучения. На основании корпуса накопленных первичных данных предлагается проводить расчёт обеспеченности, плана производства и планово-предупредительного обслуживания и ремонта (ППР) средств технологического оснащения.

Ключевые слова: средства технологического оснащения, оснастка, автоматизированный учёт, состав изделия, распределённые вычисления, искусственный интеллект.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-4(3)-358-362

EDN: LEJSTM

ВВЕДЕНИЕ

Расчет производственных планов для машиностроительных предприятий проводится на основании данных о составе изделия. Для самолётостроительного предприятия для разных изделий требуется расчёт от 9 до 12 групп факторов, определяющих принадлежность и состав конструкторско-технологической спецификации (КТС) для конкретного серийного изделия [1]. На основании рассчитанного набора и состава КТС можно проводить автоматизированный подбор средств технологического оснащения (СТО) [2]. На этом этапе, при условии достаточного уровня автоматизации учёта СТО, возможно определить наличие и физическое состояние потребной оснастки, необходимость технической проверки, доработки, изготовления вновь. Статья описывает подходы к решению этих задач, разработанные, внедрённые, внедряемые и разрабатываемые в филиале ПАО «Ил» - Авиастар.

Бажутин Михаил Михайлович, ассистент кафедры «Самолётостроение» самолетостроительного факультета Института авиационных технологий и управления, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и общенаучные дисциплины» самолетостроительного факультета Института авиационных технологий и управления. E-mail: myodo@mail.ru

Ключевых целей работы две:

1. Сокращение потерь от ошибок при использовании СТО в производстве.
2. Сокращение времени на поиск СТО кладовщиком.

ВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЁТА КТС И СТО

Состав изделия на машиностроительном предприятии является определяющим фактором расчёта планов производства, расчёта трудоёмкости производства, потребных материалов, заготовок, деталей и сборочных единиц, унифицированных стандартных деталей и сборок, покупных изделий, численности и компетенций персонала, потребного оборудования, средств технологического оснащения и инструмента, энергии, помещений и др.

Для обеспечения полноты и целостности данных о составе изделия в рамках информационной системы (ИС) электронного определения изделия (ЭОИ) в филиале ПАО «Ил» - Авиастар действует система проработки и регистрации изменений в КТС в электронном виде. Система регистрирует все изменения по конструкции, технологии и конфигурации изделия, хранит историю изменений, обеспечивает проработку изменений в состав изделия [3].

Аналогичная система действует для учёта СТО. В дополнение к системе контроля целостности и учета изменений СТО добавлена система учёта движения оснастки. При изменении конструкции или технологии изготовления детали или сборочной единицы, на которую спроектирован конкретный элемент СТО, инициируется процесс пересмотра и возможно доработки оснастки. Проработка вопроса пересмотра проходит рядом служб. В результате, при условии успешного согласования, утверждается новая версия СТО. При утверждении конструкторского документа (КД) на СТО, соответствующая запись вносится в справочник учёта движения оснастки. Также по результатам утверждения КД на СТО соответствующие позиции попадают в план производства технологической оснастки. Дополнительно вносятся данные о ресурсе СТО в календарных днях или циклах производства.

После изготовления или доработки позиции СТО, в случае если она ещё не маркирована, на участке маркировки в цехе производства технологического оснащения, на экземпляр СТО наносится машинно читаемая метка в виде QR кода или штрих кода посредством лазерного маркиратора. Метка содержит уникальный идентификатор экземпляра СТО из справочника учёта движения оснастки. Дальнейший учёт и контроль движения СТО автоматизирован на основании чтения этой метки посредством специализированного устройства, терминала сбора данных (ТСД) или мобильного телефона.

ВЕДЕНИЕ УЧЁТА ДВИЖЕНИЯ СТО

В настоящее время применяется 2 технологии учёта движения СТО:

- с помощью специализированных устройств чтения QR и штрих кодов;
- с помощью ТСД и мобильных устройств.

Специализированное устройство представляет собой в общем случае устройство на USB порте с возможностью работы в режиме виртуального COM устройства для ОС Microsoft Windows. В этом случае работа с ним проходит как с COM устройством с поточным вводом-выводом. На ОС Linux и большей части потомков ядра BSD работа проходит как с устройством пула /dev также с поточным вводом-выводом. То есть использование подхода возможно для рабочих станций в защищённой заводской сети, в которой взаимодействие с системами управления базами данных (СУБД), хранящими данные КТС и СТО, возможно напрямую.

Мобильное устройство требует беспроводного канала связи и потому не может напрямую коммутироваться с защищённой заводской сетью. Потому для этой технологии требуется специальная конфигурация сети, специальная

конструкция программного обеспечения (ПО), которые в полной мере в этой статье изложить не могу ввиду ограничений секретности, а также специфического мобильного ПО и специфического сервера приложений, обеспечивающего взаимодействие с мобильными устройствами.

Для сокращения количества необходимых операций пользователя, было принято решение проводить операции первичного учёта на основании простого чтения метки везде, где это технически возможно. Таким образом, системе необходимо принимать решение о том, какая операция следующая и какие действия необходимо выполнить самостоятельно в зависимости от предыдущего состояния системы и текущего действия. Иными словами, требуется система искусственного интеллекта (ИИ) на онтологии с графом состояний и переходов, а также автоматом конечных состояний, обеспечивающим расчёт этой экспертной системы и допускающий композитные состояния [5][8]. Такой подход, помимо прочего, сокращает количество операций, потребных от конечного пользователя, что, в свою очередь, сокращает трудоёмкость учёта и цикл обучения персонала. В условиях комплексного внедрения системы такой подход даст значительную экономию.

Кроме регистрации первичных операций собственно движения средств технологического оснащения, в этот момент также регистрируется факт начала работ по сменному заданию, карте обработки или технологическому паспорту. При учёте элементарных технологических операций в основном производстве также происходит учёт ресурса оснастки по циклам производства.

В условиях взаимодействия со многими мобильными устройствами требуется сериализация экспертной системы, а также её увязка с асинхронным сетевым взаимодействием и механизмом сетевых сессий для каждого мобильного устройства [4][6]. Иными словами, сервер приложений должен обрабатывать интерфейс пользователя, TCP сервер и сериализованные экземпляры экспертной системы в разных и разнородных потоках в одном процессе. При этом, для обеспечения масштабируемости системы, каждый сериализованный экземпляр экспертной системы должен исполняться в отдельном потоке. Кроме этого, требуется асинхронный механизм связи с СУБД и мобильными устройствами с подсистемой восстановления соединений при нестабильном радиоканале.

Рассмотрим коротко механизм старта сессии. Для сетевого взаимодействия мобильного устройства и сервера приложений, в условиях когда серверов приложений неопределённое количество и конфигурация сети может меняться, необходима привязка конкретного мобильного устройства к конкретному серверу приложений.

Она может проходить, например, на основании чтения информации о сервере, показываемой на экране рабочей станции в виде машинно читаемой метки, сформированной сервером приложений. На основании информации, полученной из метки, а также криптографического сертификата, предварительно установленного на мобильном устройстве, происходит соединение мобильного устройства с сервером приложений, его аутентификация и защита канала связи.

Рассмотрим логику работы экспертной системы. Например, вновь произведённая оснастка не имеет истории чтения метки. Из этого система делает вывод, что первое чтение — это приёмка бюро технического контроля (БТК) цеха ПТО. После прибытия СТО в цех основного производства, где она будет эксплуатироваться, чтение метки означает прибытие на склад. После этого система будет ожидать размещения СТО в ячейке склада, которое происходит посредством чтения метки этой самой ячейки. Система может рекомендовать размещение в определённой ячейке в зависимости от того, где СТО была размещена ранее (если такая информация имеется), востребованности детали или сборочной единицы, к которой оснастка привязана, габаритов СТО и размеров ячеек склада. При поступлении на склад некоторого сменного задания с привязанной к нему ведомостью оснащения, кладовщик подбирает требуемую оснастку. Система позволяет осуществить подбор автоматически а также контролировать при выдаче соответствие СТО требуемой версии КД, наличие пройденных доработок, соблюдение графика планово-предупредительного ремонта (ППР). Система также автоматически определяет, что, поскольку СТО лежит на складе, чтение его метки означает перемещение. При этом, чтение метки сменного задания указывает, что перемещение — в цех, на производственный участок. При этой операции система проводит автоматизированный контроль соответствия ревизии экземпляра СТО сменному заданию и обеспечение его регламента техобслуживания и ремонта. Если обнаруживается несоответствие, выдача запрещается.

При учёте ресурса СТО по пройденным циклам, таковым считается выдача оснастки в цех на определённый набор операций, регистрация первичной информации по которым проходит в рамках системы автоматизированного рабочего места основного производственного рабочего. При достижении экземпляром СТО ресурса по количеству пройденных циклов или календарным дням между технической проверкой и/или обслуживанием, оснастка запрещается к эксплуатации до исправления ситуации. То есть, оснастка должна попасть в изготовивший её

цех ПТО и пройти там БТК, после чего она может вернуться в цех основного производства для продолжения эксплуатации. Альтернативно допускается просто чтение метки экземпляра СТО от учётной записи с соответствующими правами — это для случая, когда состояние оснастки удовлетворительное и технического обслуживания фактически не требуется.

КОНТРОЛЬ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ППР СТО

После расчёта плана производства, то есть набора и состава КТС для конкретного серийного изделия на основании данных состава изделия ЭОИ, появляется возможность составить список и ревизию потребной оснастки на основании данных о СТО. По этому списку СТО в справочнике учёта движения оснастки можем определить состав, количество и техническое состояние потребных позиций. Соответственно, можем определить каких позиций не хватает, то есть обеспеченность оснасткой, и, на основании этого, составить план цехов ПТО и увязать его с планом цехов основного производства. При решении этой задачи, учитывая значительный объём данных, большое значение приобретает эффективность и ограничение конкуренции на уровне СУБД [7].

Аналогично, можем рассчитать соответствие планов производства регламентам ППР для задействованных экземпляров СТО, то есть определить наличие пересечений, и изменить план ПТО для их устранения.

Таким образом, становится возможен уход от графика ППР как такового, поскольку учёт технического обслуживания СТО ведётся индивидуально для каждого экземпляра и автоматизировано, то есть данные об актуальном количестве, состоянии и использовании оснастки доступны в любое время. Следовательно, необходимость ППР легко вычислить на основании состава изделия, плана производства и данных справочника учёта движения оснастки. Следовательно, производство может быть заранее оповещено о расчётном графике ППР, сам график может быть автоматически сбалансирован, при этом запрет выдачи СТО обеспечит контроль исполнения этого плана.

Сам контроль происходит посредством специализированных отчётов и рассылки уведомлений задействованным цехам, изменения планов на их основании, а также запрета выдачи СТО в производство, результате чего цех не сможет отчитаться по соответствующим работам [9].

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Потери от ошибок при использовании СТО в производстве складываются по следующей формуле:

$$L_{\text{ошиб}} = L_{\text{труд}} + L_{\text{оборуд}} + L_{\text{мат}} + L_{\text{энер}} + \\ + L_{\text{цикл}} + L_{\text{помещ}} + L_{\text{накл}},$$

где $L_{\text{труд}}$ – потери трудоёмкости в рублях;

$L_{\text{оборуд}}$ – потери на изготовление, ресурс, эксплуатацию, обслуживание и амортизацию оборудования, оснащения и инструмента в рублях;

$L_{\text{мат}}$ – потери на материалы, в том числе расходные, заготовки, сборочные единицы, унифицированные стандартные изделия, в том числе технологические в рублях;

$L_{\text{энер}}$ – потери на отопление, водоснабжение и водоотведение, охлаждение и вентиляцию, электропитание в рублях;

$L_{\text{цикл}}$ – потери от смещения цикла готового изделия вправо, в том числе вызванные некомплектотом для сборки узлов и агрегатов в рублях;

$L_{\text{помещ}}$ – потери от строительства, обслуживания и амортизации помещений и сооружений в рублях;

$L_{\text{накл}}$ – потери на накладные расходы: уборка, охрана и обеспечение безопасности, юридическое и бухгалтерское обслуживание, логистика, планирование и управление и др.

При этом потери от смещения цикла готового изделия вправо кроме прямого экономического вреда несут риски потерь на судебные издержки и арбитраж, риски вреда деловой репутации, а также, в случае государственного оборонного заказа, риски уголовного преследования руководителей.

Таким образом, ошибки в применении СТО в цехах нижнего передела влекут лавинообразный рост потерь и рисков для цехов верхнего передела. То есть, снижение таких ошибок и, следовательно, потерь также имеет лавинообразный эффект, правда, не бросающийся в глаза.

Потери на поиск СТО кладовщиком складываются по следующей формуле:

$$L_{\text{подбор}} = L_{\text{учёт}} + L_{\text{поиск}} + L_{\text{проверка}} + L_{\text{простой}},$$

где $L_{\text{учёт}}$ – потери на ручной учёт СТО в рублях;

$L_{\text{поиск}}$ – потери на поиск СТО в рублях;

$L_{\text{проверка}}$ – потери на проверку технического состояния и соответствие СТО техническим требованиям в рублях;

$L_{\text{простой}}$ – потери на простой основных производственных рабочих и оборудования в рублях.

Из них потери на учёт и проверку в условиях автоматизации сокращаются почти до нуля, что составляет около половины времени на выдачу единицы СТО со склада. Также в условиях автоматизации сменных заданий и соответствующей организации рабочего времени и сменной работы, потери на простой основных производственных рабочих и оборудование возможно сократить до нуля.

С учётом представленных формул несложно заметить, что в условиях серийного авиационного производства описанная автоматизация учёта и контроля движения и технического состояния СТО при условии комплексного внедрения может сократить потери на сотни миллионов рублей в год.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЛАНЫ

Система позволяет радикально снизить количество ошибок при подборе, доработке и техническом обслуживании СТО. Таким образом, система сокращает потери производства, что в условиях серийного авиационного производства может составлять сотни миллионов рублей в год. Точных оценок пока нет по причине ограниченного внедрения системы. Экспертные оценки говорят о сокращении ошибок как минимум на порядок.

В дальнейшем планируется расширение возможностей системы, более широкое её внедрение: сейчас она эксплуатируется только в 4 цехах. Также планируется расширение описанных подходов на учёт движения инструмента и номенклатуры; планируется расширение описанных технологий на учёт цеховой технологической документации и более глубокую автоматизацию. Система изначально проектировалась в платформенно-независимом варианте, то есть может эксплуатироваться практически на любой целевой платформе. Сейчас она эксплуатируется преимущественно на ОС MSWindows, но также в эксплуатации имеются рабочие станции под управлением ОС Астра Linux [10]. Таким образом, система имеет значительные перспективы к развитию и внедрению на других предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *MM Bazhutin, VS Moshkin* An Approach to Improving the Efficiency of the Database of a Large Industrial Enterprise 2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)
2. ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД. Электронная модель изделия. Общие положения.
3. ГОСТ 2.503-2013 ЕСКД. Правила внесения изменений.
4. *Misaki, Makoto & Tsuda, Tomio & Inoue, Shinji & Sato, Shintaro & Kayahara, Akihiro & Imai, Shinichi.* (2017). Distributed Database and Application Architecture for Big Data Solutions. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing. PP. 1-1. 10.1109/TSM.2017.2750183.
5. *Ярушкина, Н.Г.* Онтологический подход к анализу временных рядов / Н.Г. Ярушкина, В.С. Мошкин // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сб. научных трудов VII-й Международной научно-практической конференции. – Коломна. – 2013. – № 2. – С. 529–537.

6. Sun, Qiao & Fu, Lan-mei & Deng, Bu-qiao & Sun, Jiasong. (2016). An efficient transaction processing method on the distributed database. 1916-1920. 10.1109/CISP-BMEI.2016.7853031.
7. Kanungo, Sonal & Morena, Rustom. (2015). Analysis and Comparison of Concurrency Control Techniques. IJARCCCE. 245-251. 10.17148/IJARCCCE.2015.4360.
8. Nadezhda Yarushkina, Vadim Moshkin, Aleksey Filippov Development of a knowledge base based on context analysis of external information resources // DS-ITNT 2018// Proceedings of the International conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science // Samara, Russia, 24-27 April, 2018.
9. RFC 5321 – SMTP.
10. Milos Sajbidor, Peter Vesely & Michał Krajewski Creating Cross-Platform Application in Java and C++ Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications 2023.

AUTOMATION OF AVAILABILITY CONTROL AND PREVENTIVE MAINTENANCE OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF AN AIRCRAFT PRODUCTION ENTERPRISE

© 2024 M.M. Bazhutin

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

The article discusses the automation of control and planning of production, modification, repair, maintenance and movement of technological equipment employed on an aircraft manufacturing enterprise in conjunction with the product composition database, production plans based on the calculation of the product composition tree, warehouse management and accounting, also controlling elementary technological operations in the main production shops. It is proposed to collect primary data based on reading a machine-readable tag using a specialized device with streaming input/output, operating on a virtual COM port or as a /dev pool device, or using a mobile device operating within a secure network. The calculation of the primary operation registered by the system is proposed to be carried out using an intelligent expert system that works on the ontology of states and transitions of the system. This achieves a minimization of the operations required from the end user and, therefore, a shorter learning cycle. Based on the body of accumulated primary data, it is proposed to calculate the availability, production plan and scheduled preventive maintenance and repair of technological equipment.

Keywords: technological equipment, automated control, product composition, distributed computing, artificial intelligence.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-4(3)-358-362

EDN: LEJCTM

REFERENCES

1. MM Bazhutin, VS Moshkin An Approach to Improving the Efficiency of the Database of a Large Industrial Enterprise 2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)
2. GOST 2.052-2006 ESKD. Elektronnaya model' izdeliya. Obshchie polozheniya.
3. GOST 2.503-2013 ESKD. Pravila vneseniya izmenenij.
4. Misaki, Makoto & Tsuda, Tomio & Inoue, Shinji & Sato, Shintaro & Kayahara, Akihiro & Imai, Shin-ichi. (2017). Distributed Database and Application Architecture for Big Data Solutions. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing. PP. 1-1. 10.1109/TSM.2017.2750183.
5. Yarushkina, N.G. Ontologicheskij podhod k analizu vremennyh ryadov / N.G. Yarushkina, V.S. Moshkin // Integrirovannye modeli i myagkie vychisleniya v iskusstvennom intellekte. Sb. nauchnyh trudov VII-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Kolomna. – 2013. – № 2. – S. 529-537.
6. Sun, Qiao & Fu, Lan-mei & Deng, Bu-qiao & Sun, Jiasong. (2016). An efficient transaction processing method on the distributed database. 1916-1920. 10.1109/CISP-BMEI.2016.7853031.
7. Kanungo, Sonal & Morena, Rustom. (2015). Analysis and Comparison of Concurrency Control Techniques. IJARCCCE. 245-251. 10.17148/IJARCCCE.2015.4360.
8. Nadezhda Yarushkina, Vadim Moshkin, Aleksey Filippov Development of a knowledge base based on context analysis of external information resources // DS-ITNT 2018// Proceedings of the International conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science // Samara, Russia, 24-27 April, 2018.
9. RFC 5321 – SMTP.
10. Milos Sajbidor, Peter Vesely & Michał Krajewski Creating Cross-Platform Application in Java and C++ Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications 2023.

Mikhail Bazhutin, Assistant Lecturer of the Department of Aircraft Construction of the Aircraft Construction Faculty of the Institute of Aviation Technologies and Management, Senior Lecturer of the Department of Information Technologies and General Scientific Disciplines of the Aircraft Construction Faculty of the Institute of Aviation Technologies and Management. E-mail: myodo@mail.ru