



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЕ

Д.В. Кондусов (Оренбургский государственный университет)

Представлен процесс разработки функциональной модели системы поиска по геометрической форме, предполагающей многократное использование конструкторских знаний. Разрабатываемая система является частью САПР. Созданная ФМ показала необходимость проведения реинжиниринга существующего бизнес-процесса автоматизированного конструкторского проектирования.

Ключевые слова: САПР, функциональная модель, конструкторские знания, 3D-модель, реинжиниринг, поиска по геометрической форме.

Введение

Современные проблемы автоматизации процесса проектирования в машиностроительных отраслях промышленности и задачи инновационного развития экономики РФ, решение которых в значительной мере связывается с повышением эффективности САПР, обуславливают актуальность исследования.

В процессе проектно-конструкторской деятельности машиностроительных предприятий накапливаются конструкторские знания, представленные чертежами, геометрическими моделями изделий и технологическими процессами их изготовления. Использование в проектно-конструкторской деятельности имеющихся наработок — один из эффективных и зарекомендовавших себя подходов.

Инструменты, позволяющие многократно использовать конструкторские знания, значительно повышают гибкость при работе с 3D-моделями, позволяют оценить большее число вариантов конструкции за меньшее время независимо от того, в каких плоскостях и с помощью каких операций были спроектированы детали, и предоставляют возможность повторного использования геометрии, что сокращает сроки разработки и повышает качество изделий [1, 2].

На основании изученных работ отечественных и зарубежных ученых выделен ряд научных направлений, связанных с повышением эффективности функционирования САПР, включающих использование интеллектуальных систем конструирования изделий, которые повышают производительность и качество работы конструкторов и перенос ранее накопленных знаний из традиционных стандартов предприятия в компьютерную среду и их влияние на деятельность конструктора.

Проанализированы известные программные продукты, такие как IMShare от Интермех, 3DPartFinder от Dassault Systemes, Geolus Search от Siemens PLM Software, реализующие функцию поиска 3D-моделей. Разнообразие решений, предназначенных для анализа геометрии трехмерных моделей, с одной стороны свидетельствует об актуальности данного направления, с другой — говорит о том, что есть много нерешенных проблем, касающихся скорости и точности распознавания, удобства использования и интеграции в информационную инфраструктуру предприятия.

Отметим, что в настоящее время отечественные программные средства, реализующие поиск 3D-моделей по геометрической форме на предприятиях машиностроительного комплекса страны, отсутствуют.

Таким образом, разработка системы поиска по геометрической форме, включающая прикладную библиотеку для CAD-системы, интегрированную в информационную инфраструктуру предприятия для повышения эффективности функционирования САПР является актуальной задачей.

Разработка функциональной модели системы поиска по геометрической форме

Разработка функциональной модели (ФМ) вышеуказанной системы является первостепенным шагом решения поставленной задачи. Функциональная модель описывает совокупность выполняемых системой функций, характеризует морфологию системы — состав функциональных подсистем, их взаимосвязи. Основным рассматриваемым бизнес-процессом (БП) является автоматизированное конструкторское проектирование, а также связанные с ним БП.

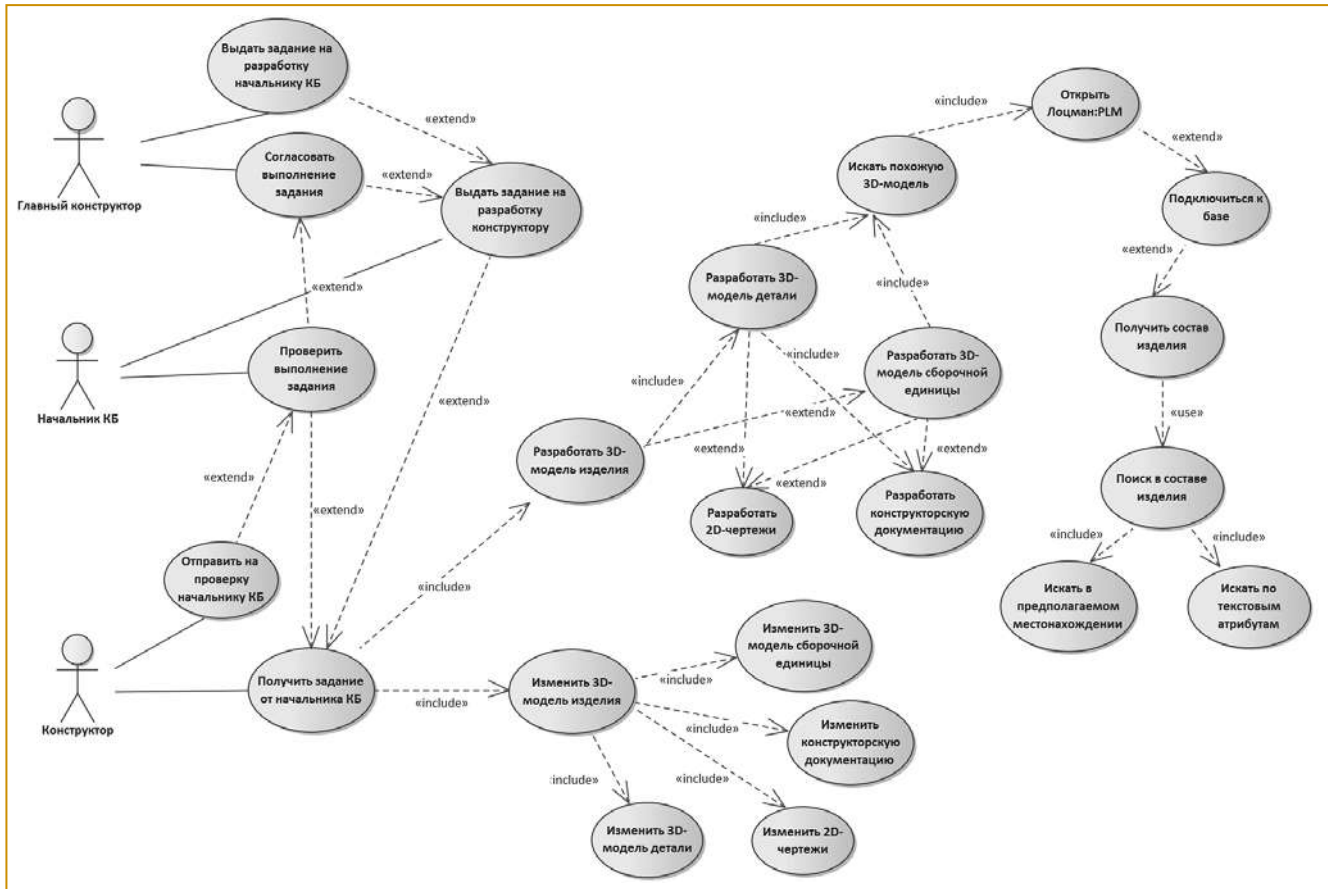


Рис. 1. Диаграмма прецедентов БП автоматизированного конструкторского проектирования

Существуют различные инструменты для создания ФМ. В данной работе моделирование осуществляется с использованием унифицированного языка функционального моделирования UML [3] реализованного в пакете Enterprise Architect (<https://sparxsystems.com>) — CASE-инструменте для проектирования и конструирования программного обеспечения.

Рассмотрим этапы разработки ФМ системы анализа геометрии трехмерных моделей, интегрируемой с ПО Лоцман: PLM и САД-системой КОМПАС-3D (<https://kompas.ru>). Выбор данного ПО обоснован тем, что компания АСКОН, крупнейший российский разработчик инженерного ПО, включена в перечень системообразующих организаций российской экономики в сфере информационных технологий, связи и массовых коммуникаций, а система проектирования КОМПАС-3D, разработанная АСКОН, является одной из самых распространенных в России инженерных программ: ее коммерческие версии используют более 80 тыс. профессиональных инженеров.

Построение диаграммы прецедентов

Для детализации БП автоматизированного конструкторского проектирования и иллюстрации целей, которых каждый из участников БП хочет достичь, включая взаимосвязи между составляющими этих целей, используются диаграммы прецедентов (действий). Диаграмма прецедентов существующего

на предприятии БП автоматизированного конструкторского проектирования приведена на рис. 1.

Данный процесс представляет взаимодействие между собой трех действующих лиц (главный конструктор, начальник конструкторского бюро и конструктор) и действий (прецедентов), которые они выполняют. При построении диаграммы прецедентов следует соблюдать несколько правил:

- каждый прецедент относится как минимум к одному действующему лицу;
- каждый прецедент имеет инициатора;
- каждый прецедент приводит к соответствующему результату.

Как видно из рисунка, основная часть функций БП находится в ведении конструктора. Обратим внимание на прецедент «Искать похожую 3D-модель», в свою очередь включающий последовательность действий. Результатом прецедента является найденная в составе изделия 3D-модель, похожая на 3D-модель разрабатываемой детали. В виду того, что конструктор осуществляет поиск по текстовым атрибутам или по предполагаемому местонахождению похожей модели, поиск занимает продолжительное время и может быть безуспешным.

Построение диаграммы последовательностей

В связи с этим проводится подробное описание процесса поиска похожих 3D-моделей. Для этого процесс рассматривается в виде диаграммы после-

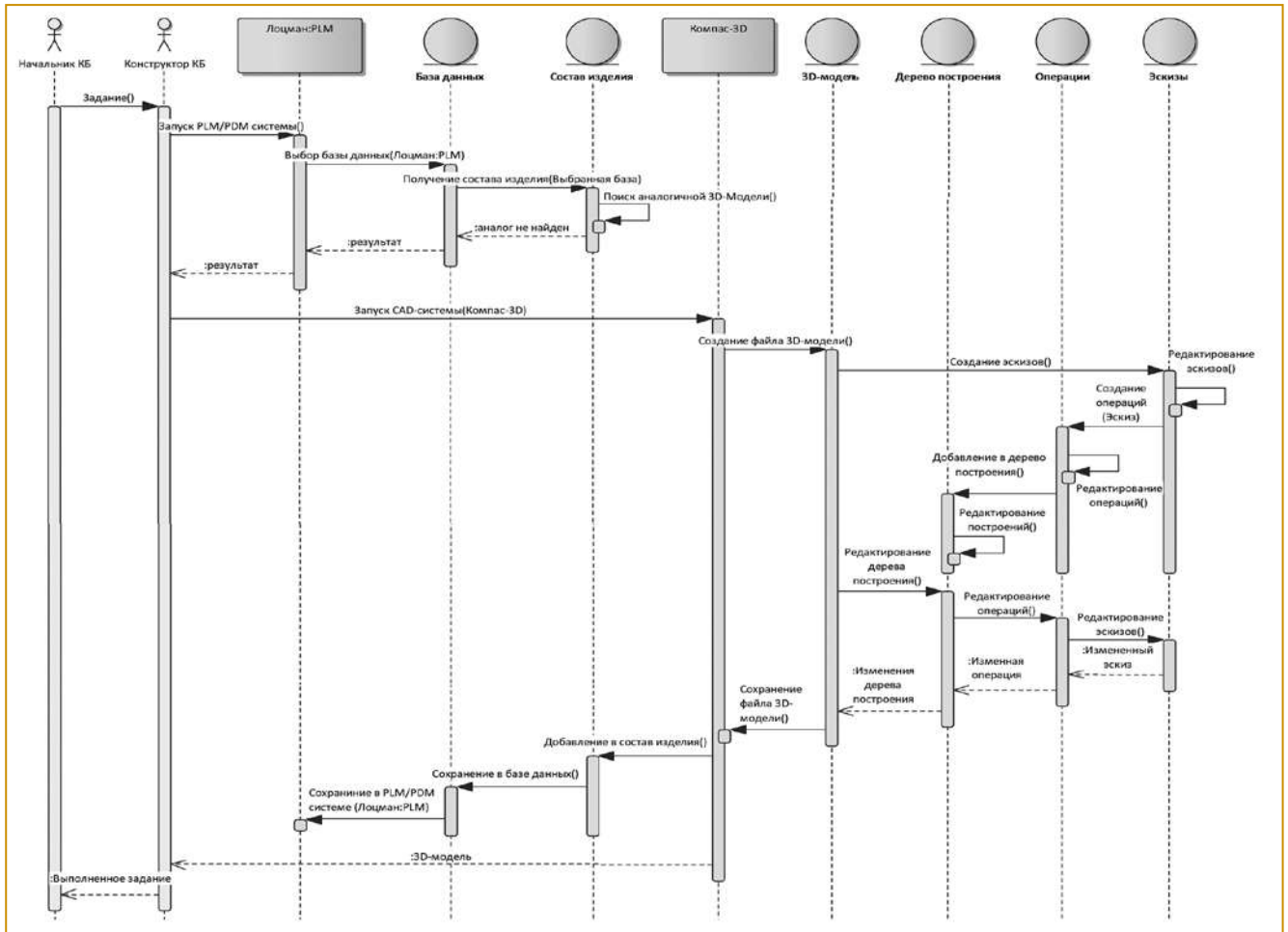


Рис. 2. Диаграмма последовательностей БП ручного проектирования, когда поиск аналога не дал результатов

довательностей. На рис. 2 представлена диаграмма последовательностей следующих действий: получение конструктором задачи на проектирование, поиск похожей 3D-модели и ручное проектирование (при отсутствии искомой модели). Эта диаграмма показывает выполнение процесса ручного проектирования во времени. Ось времени расположена вертикально с начальной точкой в левом верхнем углу.

Диаграмма последовательностей наглядно демонстрирует передачу управления между сущностями рассматриваемого процесса:

- сущности, относящиеся к Лоцман: PLM — «База данных», «Состав изделия»;
- сущности, относящиеся к Компас:3D — «3D-модель», «Дерево построения», «Операции», «Эскизы».

Процесс поиска похожих 3D-моделей отражен в верхней части на рис. 2. Поиск ведется по текстовым атрибутам или по предполагаемому местонахождению похожей модели. В связи с этим выполняется реинжиниринг¹ БП автоматизированного конструкторского проектирования, заключающийся в добавлении функции поиска по геометрической форме, что позволит повысить эффективность функционирования систем автоматизированного проектирования в целом.

торского проектирования, заключающийся в добавлении функции поиска по геометрической форме, что позволит повысить эффективность функционирования систем автоматизированного проектирования в целом.

Построение диаграммы деятельности

Диаграмма деятельности² системы поиска по геометрической форме изображена на рис. 3. Рассмотрим последовательность ее этапов.

1. На первом этапе изучаются действующие системы поиска в PDM (PLM)-системах и выбираются для дальнейшего анализа те из них, которые имеют функцию поиска по геометрической форме.

2. Следующим шагом является анализ выбранных систем поиска, включающий: обзор функций, определение производителя, изучение способов поиска по геометрической форме.

3. Затем формируется техническое задание на разработку системы поиска по геометрической форме, включающее:

¹ Реинжиниринг БП — фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование БП для достижения максимального эффекта производственно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности.

² Диаграмма деятельности - это блок-схема, которая показывает, как поток управления переходит от одной деятельности к другой. Деятельность сводится к некоторому действию, которое составлено из вычислительных процедур, приводящих к изменению состояния системы или возврату значения.

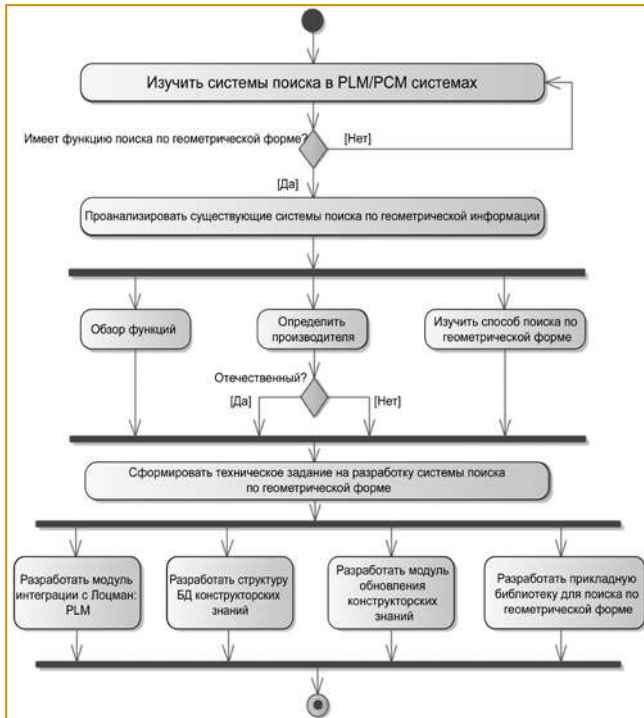


Рис. 3. Диаграмма деятельности системы поиска по геометрической форме

- разработку модуля интеграции с Лоцман: PLM» для выбора местонахождения в составе изделий 3D-моделей, среди которых будет осуществляться поиск;
- разработку структуры БД для хранения конструкторских знаний, полученных из 3D-моделей;
- разработку модуля обновления конструкторских знаний для своевременного обновления информации после изменения конструкции имеющихся 3D-моделей или при добавлении в состав изделия новых;

— разработку прикладной библиотеки поиска по геометрической форме для осуществления поиска похожих 3D-моделей в составе изделия непосредственно из CAD-системы. Этот этап представлен на рис. 4 в виде отдельной диаграммы деятельности.

Построение диаграммы компонентов

На основе диаграмм деятельности, изображенных на рис. 3, 4, разработана диаграмма компонентов системы поиска по геометрической форме, которая показывает разбиение программной системы на структурные компоненты и связи между ними, включая:

- программный модуль «Администратор конструкторских знаний», который осуществляет подключение к ПО Лоцман: PLM для поиска информации о составе изделия для выбора местонахождения 3D-моделей. Модуль также выполняет первоначальное формирование конструкторских знаний с последующей записью в базу данных;
- прикладную библиотеку «Множественное использование конструкторских знаний», которая интегрируется с КОМПАС-3D посредством менеджера библиотек, осуществляет получение конструктор-

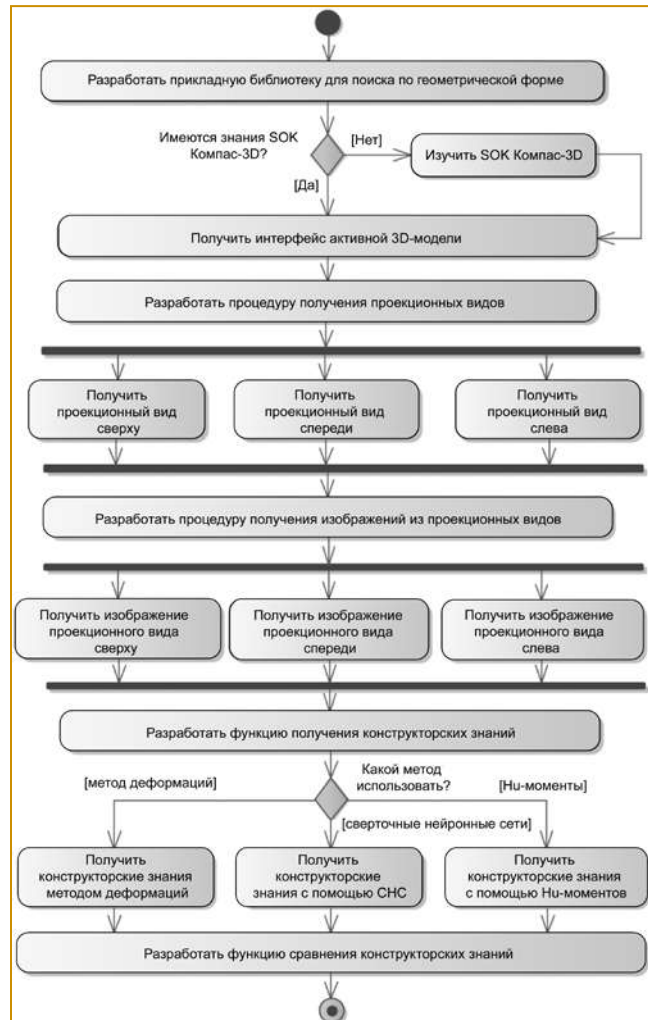


Рис. 4. Диаграмма деятельности разработки прикладной библиотеки для поиска по геометрической форме

ских знаний из текущей 3D-модели и выполняет поиск в базе данных конструкторских знаний;

— скрипт «Обновление.wsc», который срабатывает при наступлении определенных событий, в частности, создание и редактирование 3D-модели, обрабатываемых сервером событий Лоцман: PLM;

— программный модуль «RefreshGI», связываемый с Лоцман: PLM для своевременного обновления конструкторских знаний в базе данных после изменения конструкции имеющихся 3D-моделей или при добавлении в состав изделия новых.

Заключение

Таким образом, разработана объектно-ориентированная ФМ системы поиска по геометрической форме, потребовавшая проведения реинжиниринга существующего БП автоматизированного конструкторского проектирования и отражающая интеграцию разрабатываемой системы с ПО Лоцман: PLM и Компас:3D.

ФМ позволяет рассмотреть систему в разных аспектах ее функционирования на основе следующих диаграмм:

- последовательностей — для описания БП конструкторского проектирования;
- прецедентов — для определения функций и ролей пользователей, включая их взаимосвязи;
- деятельности — для описания алгоритмов реализации прецедентов;
- компонентов — для иллюстрации структуры модулей системы, а также их взаимодействия на уровне управления и данных с внешними компонентами, например, CAD- и PLM-системой предприятия.

На основе представленной ФМ разработано ПО, прошедшее апробацию в отделе конструкторского

проектирования машиностроительного предприятия.

Список литературы

1. *Kondusov D.V., Kondusova V.B.* Smart Automated Design Utilizing Engineering Experience // Russian Engineering Research. 2019. №8. pp. 669-671.
2. *Dan Li, Jens Samuelsson.* Improve Reuse of Engineering Knowledge. — Gothenburg: Chalmers University of Technology. 2015. 58 p.
3. *Christopher Fox.* Introduction to Software Engineering Design: Processes, Principles, and Patterns with UML2. — 1st ed изд. — Boston: Pearson, 2006. — 748 p.

Кондусов Дмитрий Викторович — аспирант Оренбургского государственного университета.
E-mail: kdimka@list.ru

RFID технология осуществляет мониторинг и отслеживание производства колесных пар на Демиховском машиностроительном заводе (ДМЗ)

Компания «АйТиПроект» объявляет о завершении проекта по внедрению RFID-системы мониторинга и отслеживания производства колесных пар на Демиховском машиностроительном заводе (ДМЗ).

Перед интегратором была поставлена задача: обеспечить автоматический контроль и прослеживание процесса производства колесных пар для вагонов пригородных электропоездов. RFID-система на базе ПО ITProect RFID Platform была развернута и запущена в эксплуатацию всего за 5 мес. и позволила обеспечить полную прозрачность операций и контроль технологии производства от обработки заготовок деталей до сборки и передачи готового изделия на склад готовой продукции.

Описание работы RFID-системы. Колесная пара состоит из оси, колес и букс. Все эти комплектующие производятся на предприятии из заготовок, хранящихся на складе. Прежде, чем заготовка уйдет в цех, она маркируется RFID UHF меткой TTF Magneto на магнитном креплении, в которую с помощью настольных считывателя Nordic ID Sampo записывается уникальный идентификатор, к которому ПО ITProject Tracking System привязывает запись в базе данных. Далее заготовка грузится на транспортное средство и начинает свой путь по технологическому маршруту под управлением серверного решения ITProject RFID Server.

Заготовка с закрепленной на ней RFID меткой попадает в цех. Перед началом обработки рабочий снимает RFID-метку с заготовки, кладет ее на специальный RFID-стол с закрепленной RFID антенной. С этого момента система отсчитывает время, которое заготовка обрабатывается в соответствии с технологической картой производства. По окончании обработки RFID-метка возвращается на заготовку. Во время

движения заготовки по производственной цепочке RFID-система автоматически контролирует маршрут и фиксирует время обработки, такты и отклонения. Вся эта информация обрабатывается и в виде таблиц и графиков выводится на монитор диспетчера. Любое отклонение сопровождается сигналом тревоги.

Когда ось изготовлена, на нее набивается индивидуальный номер, и она становится главной деталью сборки, по номеру которой будет отслеживаться вся колесная пара. Когда ось и колеса поступают на место сборки, с них снимаются метки и выкладываются на RFID-стол. Система проверяет комплект. Если что-то не так (например, не хватает одной детали сборки) на световой колонне, установленной на столе, загорается красный свет. Если все в порядке, зеленый. С этого момента в базе данных ведется запись сборки колесной пары по идентификатору оси. После того, как колеса напрессовываются на ось, их метки обезличиваются и возвращаются в начало производственной цепочки. Еще один элемент колесной пары — букса отслеживается таким же образом, как и колеса. После сборки и окраски готовое изделие отправляется на склад готовой продукции, а RFID-метка деактивируется.

Перемещение деталей по производственным цехам отслеживается с помощью 22 стационарных UHF RFID-считывателей Impinj Speedway Revolution R420, установленных в производственных цехах и на входах/выходах помещений.

Помимо RFID-системы, компания «АйТиПроект» реализовала на предприятии контроль количества деталей на сборочных постах с помощью ПО системы весового комплекса. Решение позволяет поддерживать необходимое число деталей для сборки в течение всей рабочей смены, обеспечивая непрерывность сборочного процесса.

[Http://www.idexpert.ru](http://www.idexpert.ru)