

Информатика и вычислительная техника

Informatics and computer engineering

Научная статья

УДК 658.58

DOI: 10.14529/ctcr250401

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.В. Капулин, DKapulin@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4260-1408>

М.С. Воронков, Mvoronkov-a21@stud.sfu-kras.ru

П.А. Русских, Prussikh@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2858-2893>

О.В. Дрозд, Odrozd@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7374-253X>

Е.В. Соболева, Esoboleva@sfu-kras.ru

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Данная работа посвящена анализу специфических трудностей, возникающих при сервисном обслуживании радиоэлектронной аппаратуры мелкосерийного производства. В отличие от массового производства, где процессы обслуживания стандартизованы и опираются на статистические данные о распространенных дефектах, мелкосерийное производство характеризуется высоким разнообразием конфигураций и компонентов, что приводит к значительному увеличению сложности диагностики и ремонта. В статье рассматриваются ключевые проблемы, такие как: широкий спектр потенциальных неисправностей, обусловленный уникальными особенностями каждого изделия; сложность дефектации, требующая высокой квалификации персонала и индивидуального подхода к каждому случаю; отсутствие стандартизованных процедур ремонта и необходимость разработки индивидуальных решений для устранения неполадок. Работа анализирует влияние этих факторов на эффективность сервисного обслуживания и затраты, связанные с ним. В заключение предлагаются направления дальнейших исследований, направленные на разработку эффективных стратегий и методов повышения качества и снижения стоимости сервисного обслуживания в условиях мелкосерийного производства радиоэлектронной аппаратуры. **Цель исследования:** оптимизация процессов сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в условиях мелкосерийного производства с повышением коэффициента восстановления обслуживаемых изделий. **Материалы и методы.** В статье представлены процессы прохождения изделием этапов сервисного обслуживания на предприятии в форме функциональной модели с использованием нотации IDEF0. **Результаты.** Предложенная функциональная модель реализована в системе управления процессами сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры на научно-производственном предприятии «Радиосвязь» (г. Красноярск). Интерфейс предложенной системы позволяет формировать графики восстановления изделий, отслеживать этапы проведения ремонта изделий и принимать корректирующие действия в случае необходимости. **Заключение.** Внедрение данной программной системы позволило значительно увеличить коэффициент восстановления изделий за рассматриваемый календарный период (февраль–апрель 2024 г.). Это свидетельствует о повышении эффективности процессов сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в условиях мелкосерийного производства в целом.

Ключевые слова: автоматизация сервисного обслуживания, управление конструкторской документацией, система управления данными об изделии, прослеживаемость сервисного обслуживания

Для цитирования: Автоматизированная система сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в условиях мелкосерийного производства / Д.В. Капулин, М.С. Воронков, П.А. Русских и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2025. Т. 25, № 4. С. 5–16. DOI: 10.14529/ctcr250401

AUTOMATED ELECTRONIC EQUIPMENT SERVICE SYSTEM IN SMALL-SERIES PRODUCTION

D.V. Kapulin, *DKapulin@sfu-kras.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-4260-1408>

M.S. Voronkov, *Mvoronkov-a21@stud.sfu-kras.ru*

P.A. Russkikh, *Prusskikh@sfu-kras.ru*, <https://orcid.org/0000-0003-2858-2893>

O.V. Drozd, *Odrozd@sfu-kras.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-7374-253X>

E.V. Soboleva, *Esoboleva@sfu-kras.ru*

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. This work analyzes the specific challenges of servicing small-batch production radio electronic equipment. Unlike mass production, where service processes are standardized and rely on statistical data on common defects, small-batch production is characterized by a high diversity of configurations and components, significantly increasing the complexity of diagnostics and repair. The article examines key problems such as: a wide range of potential malfunctions due to the unique characteristics of each product; the complexity of fault detection, requiring highly qualified personnel and an individual approach to each case; and the lack of standardized repair procedures, necessitating the development of individual solutions for troubleshooting. The work analyzes the impact of these factors on service efficiency and associated costs. The conclusion proposes directions for further research aimed at developing effective strategies and methods to improve the quality and reduce the cost of servicing small-batch radio electronic equipment.

Aim of the study. Optimization of service maintenance processes for electronic equipment in small-scale production with an increase in the recovery factor of serviced products. **Materials and methods.** The article presents the processes of a product passing through the service maintenance stages at an enterprise in the form of a functional model using the IDEF0 notation. **Results.** The proposed functional model is implemented in the automated electronic equipment service system in small-series production at the Radiosvyaz Scientific and Production Enterprise (Krasnoyarsk). The interface of the proposed system allows generating product recovery schedules, tracking the stages of product repair and taking corrective actions if necessary. **Conclusion.** The implementation of this software system allowed to significantly increase the product recovery rate for the calendar period under consideration (February–April 2024). This indicates an increase in the efficiency of service processes for electronic equipment in small-scale production in general.

Keywords: automation of service maintenance, design documentation management, product data management system, service maintenance traceability

For citation: Kapulin D.V., Voronkov M.S., Russkikh P.A., Drozd O.V., Soboleva E.V. Automated electronic equipment service system in small-series production. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.* 2025;25(4):5–16. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr250401

Введение

В соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р ИСО 9000–2015 качество продукции определяется способностью удовлетворять запросы потребителя и включает как выполнение изделием своих функций в соответствии с назначением и их характеристики, так и воспринимаемую ценность и выгоду для потребителя. В условиях конкуренции производитель берет на себя ответственность за поддержание работоспособности выпущенного и проданного изделия в течение всего времени его экономически целесообразной эксплуатации в силу следующих обстоятельств [1–5]:

- 1) отлаженный сервис помогает изготовителю формировать перспективный и стабильный рынок сбыта;
- 2) высокая конкурентоспособность предлагаемых изделий в значительной степени зависит от высококачественного сервиса;
- 3) сервисное обслуживание может рассматриваться как источник прибыли предприятия;
- 4) отлаженные процессы сервисного обслуживания являются одним из условий поддержания репутации предприятия-производителя.

Сфера послепродажного обслуживания становится все более актуальной для производителей готовой продукции. Усиливающаяся международная конкуренция все больше нивелирует различия в качестве и цене. Конечные продукты становятся взаимозаменяемыми с точки зрения клиента. В результате продажи и рентабельность производителей готовой продукции сокращаются. Кроме того, клиенты все чаще требуют конечных продуктов, адаптированных к их индивидуальным потребностям. Добавленная стоимость с точки зрения клиента может быть получена за счет интенсивного послепродажного обслуживания. Благодаря возможности получения относительно высокой прибыли от поставок аксессуаров, запасных частей и послепродажного обслуживания сфера послепродажного обслуживания также считается привлекательной с точки зрения производителя [6–8].

Обслуживающий персонал должен оперативно реагировать на поступающие требования по сервисному обслуживанию. Они должны оперативно рассматриваться с учетом существующих на предприятии правил и методов организации сервисного обслуживания в условиях мелкосерийного производства радиоэлектронной аппаратуры с целью быстрого и эффективного восстановления изделий в заданные сроки [9, 10]. Процессы сервисного обслуживания также включают определение уровня запасов материалов, деталей и сборочных единиц для оказания сервисных услуг, процедуры приема и оформления заказов на сервисное обслуживание изделий. Эти элементы, в свою очередь, влияют на такие показатели, как время выполнения заказа, точность выполнения условий заказа, состояние и качество оказываемых сервисных услуг [11, 12]. Наконец, аналитика данных может использоваться для динамического выявления основных неисправностей изделий и прогнозирования их возникновения в различных условиях эксплуатации [13–16].

Одним из показателей эффективности реализации процесса сервисного обслуживания является коэффициент восстановления изделий:

$$V = \frac{K_B}{K_P},$$

где K_B – количество отгруженных изделий после восстановления; K_P – количество поступивших изделий на ремонт.

Организацию сервисного обслуживания дополнительно усложняет широкая номенклатура поддерживаемых изделий с их вариантами исполнения и разнообразие отчетной документации. При этом необходимо формирование базы данных сервисного обслуживания и автоматизация сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в целом.

Предлагаемая автоматизированная система сервисного обслуживания охватывает все этапы прохождения ремонта обслуживаемых изделий и сопутствующие процессы на предприятии, что увеличивает прослеживаемость сервисного обслуживания в целом. Предлагаемая система также позволяет снизить влияние человеческого фактора, пристоев в производстве и конфликтных ситуаций между отдельными подразделениями предприятия.

Функциональная модель сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры

Рассмотрим организацию сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры на примере предприятия АО «Научно-производственное предприятие «Радиосвязь» (г. Красноярск, Россия). Его основной сферой деятельности является производство систем и аппаратных комплексов передачи данных, тропосферной, спутниковой связи и навигации. АО «НПП «Радиосвязь» является научно-производственным комплексом радиоэлектронной промышленности, в котором проектирование является важным видом деятельности, конечным результатом которого является конструкторская документация на изделие.

В сервисном обслуживании радиоэлектронной аппаратуры участвуют все основные подразделения предприятия. При этом основные процессы реализуются в производственных цехах, складах и отделах: снабжения, качества, рекламационном, внешних работ, планово-производственном, бухгалтерском и экономическом.

Кратко рассмотрим функциональную модель сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры, представленную на рис. 1 в форме диаграммы IDEF0 с учетом покупных комплектующих изделия (ПКИ). На ней показаны все связи процессов, протекающих на предприятии при оказании услуг сервисного обслуживания производимой радиоэлектронной аппаратуры.

На рис. 2 представлена декомпозиция блока «Производство».

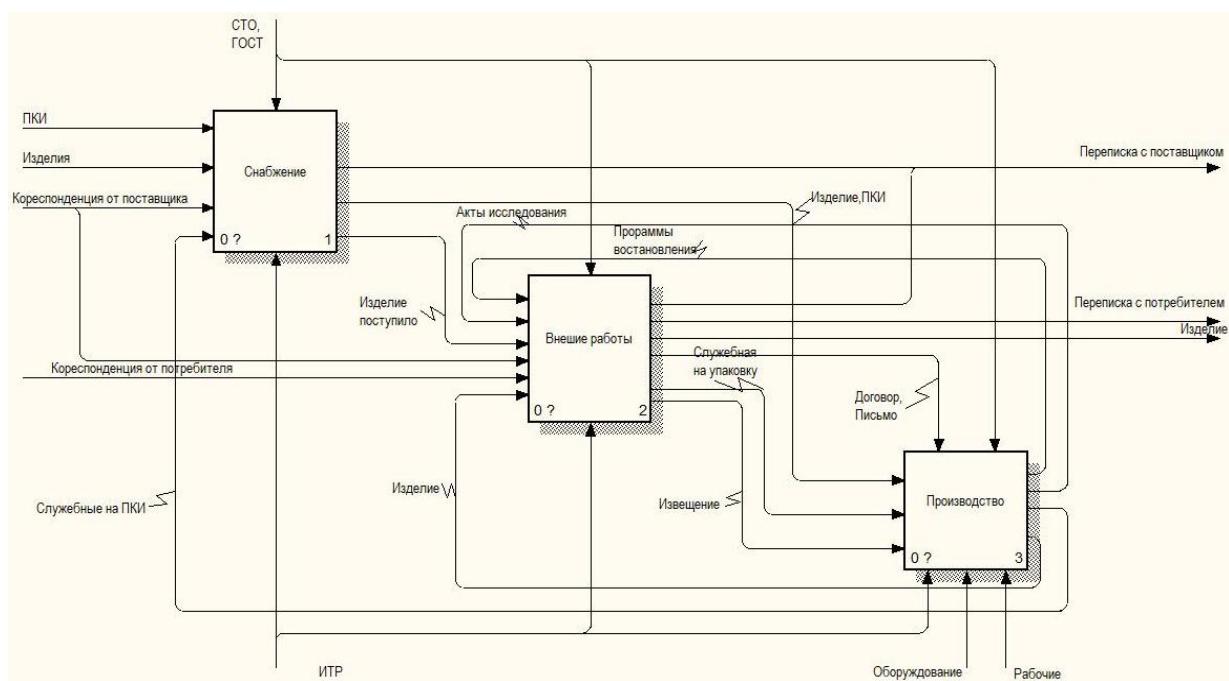


Рис. 1. Функциональная модель процесса сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры
Fig. 1. Functional model of the radio-electronic equipment maintenance process

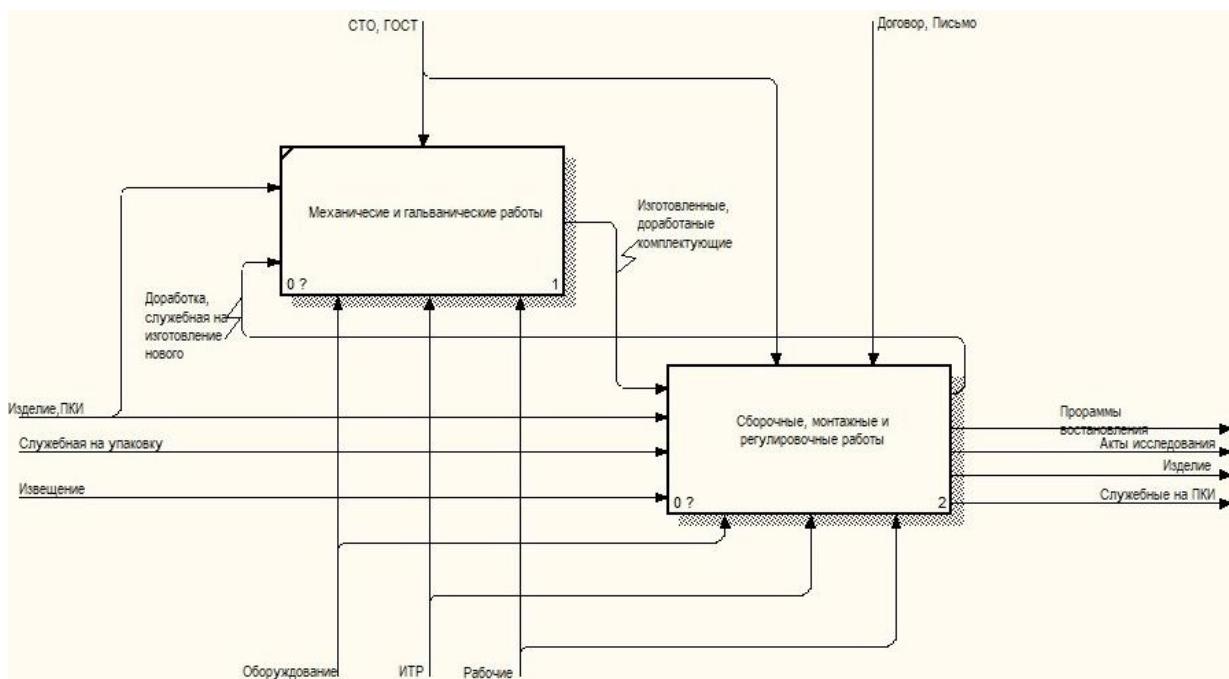


Рис. 2. Функциональная модель блока «Производство»
Fig. 2. Functional model of the "Production" block

В производстве основная часть работ по анализу, поиску неисправностей и ремонту изделия приходится на сборочно-монтажные цеха. На рис. 3 представлена функциональная модель процессов сервисного обслуживания в монтажно-сборочном цехе.

Процесс сервисного обслуживания можно разбить на три этапа, блок-схемы процедур которых представлены ниже:

- 1) прием и диагностика изделия (рис. 4);
- 2) ремонт изделия (рис. 5);
- 3) оформление и передача изделия заказчику (рис. 6).

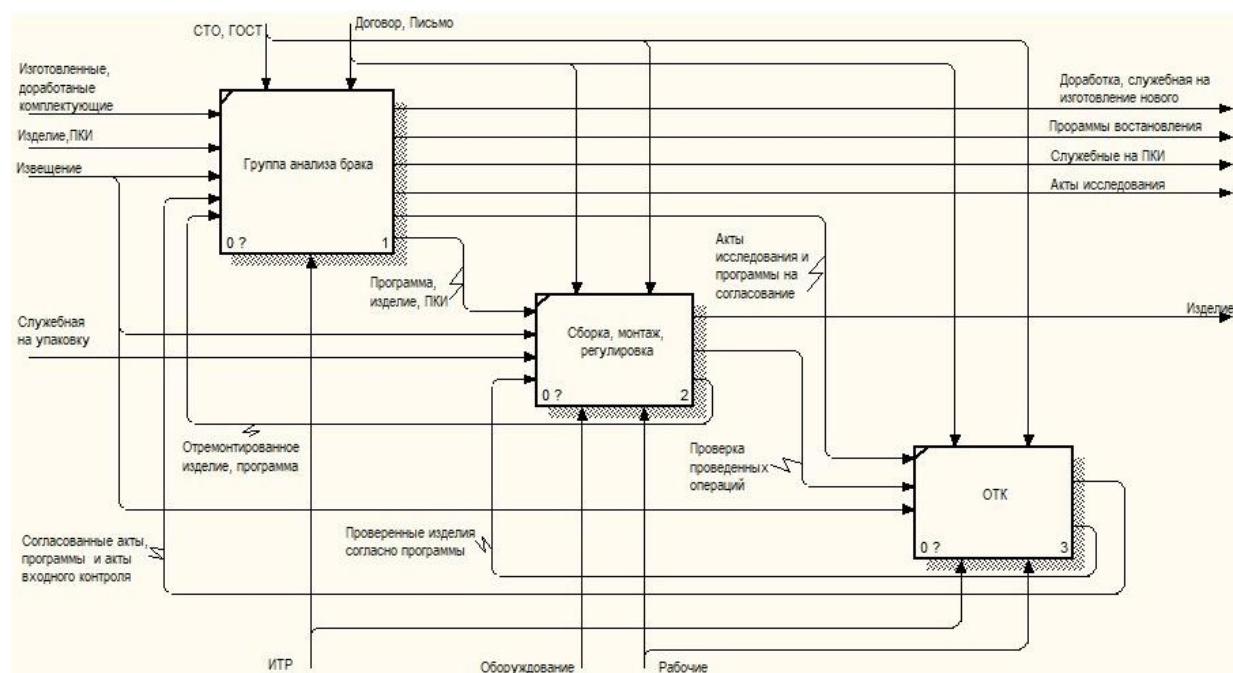


Рис. 3. Функциональная модель процессов сервисного обслуживания в монтажно-сборочном цехе
Fig. 3. Functional model of service maintenance processes in the assembly shop

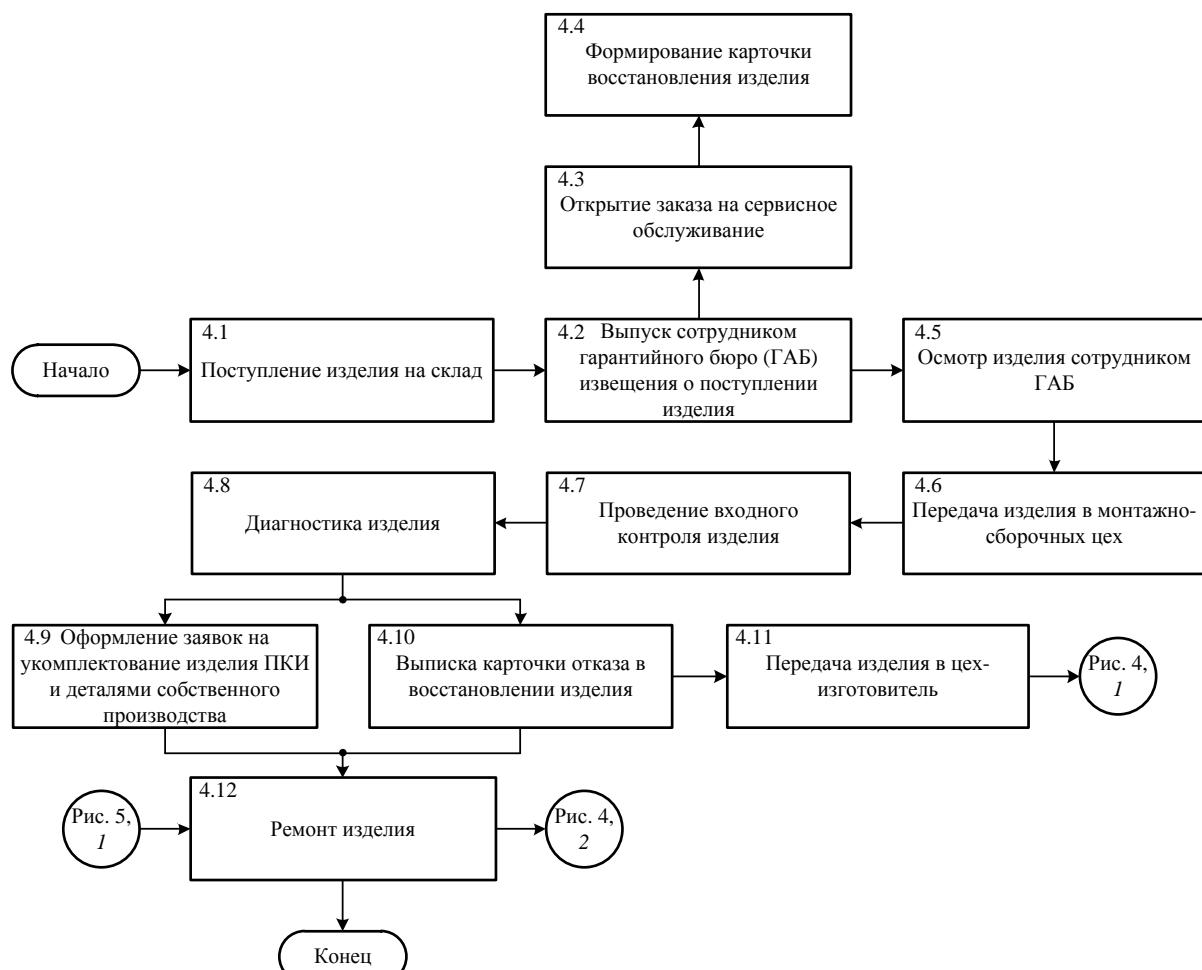


Рис. 4. Блок-схема этапа приема и диагностики изделия
Fig. 4. Block diagram of the product acceptance and diagnostics stage

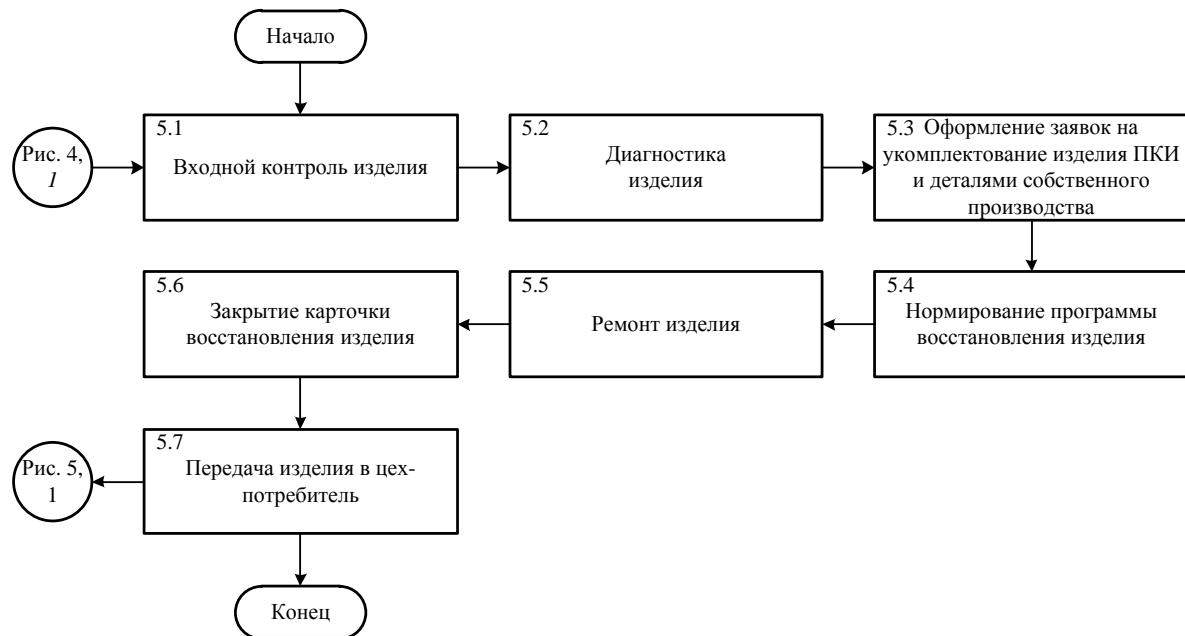


Рис. 5. Блок-схема этапа ремонта изделия
Fig. 5. Block diagram of the product repair stage

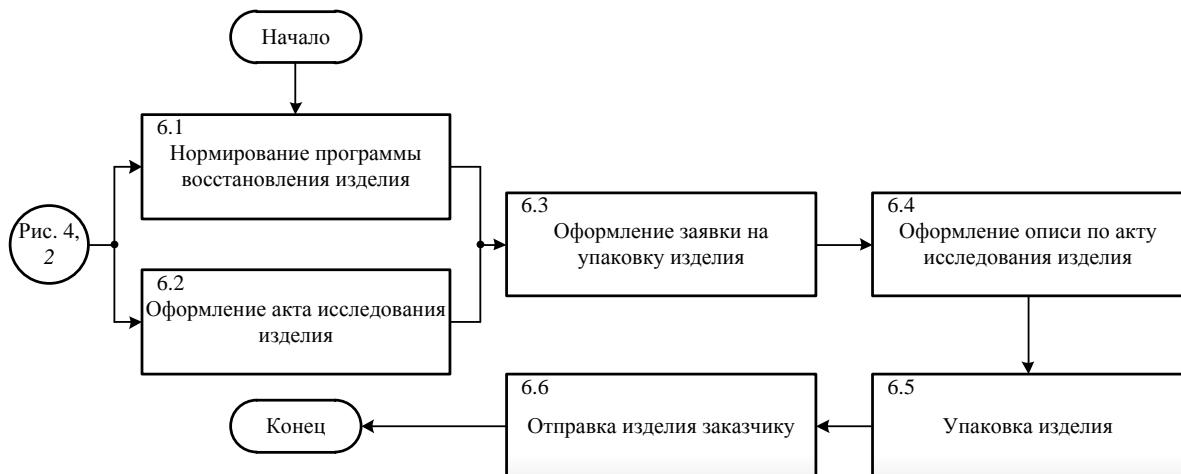


Рис. 6 Блок-схема этапа оформления и передачи изделия заказчику
Fig. 6 Block diagram of the execution and product transfer stage

Анализ существующей реализации процесса сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры на предприятии НПП «Радиосвязь» показал, что база данных сервисного обслуживания, график восстановления изделий и этапы ремонта изделия не связаны единой средой сервисного обслуживания на предприятии. Также данная ситуация не позволяет автоматизировать процессы ремонта изделий на предприятии в должной степени.

Реализация системы сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры

В организации деятельности предприятия «НПП «Радиосвязь» важное место занимает гарантийное и послегарантийное обслуживание производимых изделий. Для учета и анализа заявок поступления изделий ведется база данных сервисного обслуживания. Ежемесячно сотрудниками предприятия формируется график восстановления гарантийных изделий по результатам фильтрации и анализа данных сервисного обслуживания. Формирование графика восстановления требует значительных временных затрат на перенос данных, оценку текущего состояния ремонта изделий и сроков восстановления. При этом дополнительно возникают ошибки, связанные с влиянием человеческого фактора, что приводит:

- к увеличению срока восстановления изделий;
- уменьшению прослеживаемости цикла ремонта изделия;
- затратам рабочего времени и конфликтным ситуациям между отдельными подразделениями.

Для решения данных проблем разработана автоматизированная система сервисного обслуживания, обеспечивающая построение, отслеживание и актуализацию графиков восстановления изделий. Главное окно системы сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры организовано в виде таблицы электронного журнала сервисного обслуживания со следующими элементами (рис. 7):

- номер изделия, присвоенный при поступлении на предприятие;
- тип ремонта (гарантийный, негарантийный, постгарантийный);
- номер цеха, в котором будет выполнен ремонт изделия;
- заводской номер изделия;
- номер и статус (гарантийный, общий) заказа на сервисное обслуживание;
- наименование и децимальный номер прибора (блока) изделия, подлежащего ремонту;
- номер извещения о поступлении изделия с описанием дефекта для передачи в цех;
- номер карточки отказа для передачи в цех-изготовитель узла, блока или прибора, входящего в состав ремонтируемого изделия;
- текущее состояние работ по восстановлению изделия;
- прогнозируемая дата восстановления изделия;
- номер акта исследования изделия после проведения ремонта и необходимых проверок характеристик изделия.

Рис. 7. Главное окно системы сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры
Fig. 7. Main window of the electronic equipment service system

Также интерфейс системы включает дополнительные элементы:

- элемент управления «С учетом актов исследования», позволяющий убирать из таблицы строки для отремонтированных изделий;
- поля выбора номера цеха, типа ремонта и кнопка формирования графика восстановления изделий;
- кнопка формирования отчетов в форматах текстового или табличного электронных документов.

При нажатии на дополнительную кнопку «Редактирование» открывается форма редактирования заказа на сервисное обслуживание, которая включает следующие активные элементы, доступные пользователю (рис. 8):

- строка «Номера карточек отказа» – вписывается в случае передачи входящих узлов ремонтируемого изделия в цех-изготовитель (данные карточки могут отсутствовать);
- кнопка «Добавить» – позволяет вносить оценочную дату восстановления изделия при сохранении видимости предыдущей даты. История изменения дат восстановления позволяет выделить проблемные изделия и инициировать корректирующие действия в процесс сервисного обслуживания;
- кнопка «Выберите файл» – добавляет файлы следующих электронных документов: «Акт осмотра» (описание состояния изделия), «Программа исследования и восстановления» (описание операций по определению причины дефекта и проведенных во время ремонта с заключением Отдела технического контроля о соответствии), «Акт исследования» (общие сведения об устранинном дефекте, замененных и изготовленных элементах, подтверждающие подписи);
- поле «Текущее состояние работ», ввод сведений о текущей стадии ремонта изделия – заполняется сотрудниками цехов, ответственных за выполнение работ по сервисному обслуживанию данного изделия.

Рис. 8. Активные элементы формы редактирования заказа на сервисное обслуживание
Fig. 8. Active elements of the service order editing form

На рис. 9 дано табличное представление графика восстановления гарантийных изделий. Он формируется после выбора цеха и типа ремонта (см. рис. 7) на главном окне системы сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры функцией формирования графика восстановления изделий.

ГРАФИК					
восстановления гарантийных изделий по 15 цеху на апрель 2024 г.					
Гарантийный					
№	Изделие	Прибор/блок	Извещение в цех	Дата восстан.	Текущее состояние работ
1					

Рис. 9. Общая форма графика восстановления гарантийных изделий
Fig. 9 General form of the schedule for warranty products restoration

Поля графика восстановления изделий включают:

- порядковый номер изделия в графике восстановления;
- заводской номер изделия;
- наименование и децимальный номер прибора (блока) изделия, подлежащего ремонту;
- номер извещения о поступлении изделия с описанием дефекта для передачи в цех;
- прогнозируемая дата восстановления изделия;
- текущее состояние работ по восстановлению изделия.

В верхней части графика восстановления размещены грифы согласования и утверждения для соответствующих подписей. В заголовке графика восстановления изделий указывается тип ремонта, цех, ответственный за сервисное обслуживание изделий и период времени, для которого сформирован график. Согласно данному графику обеспечивается выполнение сроков восстановления, анализируются данные и принимаются корректируочные решения, также данные графики предоставляются по требованию потребителя.

В совокупности с другими организационно-техническими решениями предлагаемая автоматизированная система сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры позволила увеличить коэффициент восстановления изделий спутниковой навигации и связи на предприятии «НПП «Радиосвязь» с $V = 0,5$ до $V = 0,9$ за февраль – апрель 2024 г. Это свидетельствует о повышении эффективности процессов сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в условиях мелкосерийного производства в целом.

Заключение

Предложенная автоматизированная система сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в условиях мелкосерийного производства позволяет автоматизировать предоставление информации о текущем состоянии процессов сервисного обслуживания до лиц, принимающих решения, и непосредственного заказчика. Также она обеспечивает автоматизацию текущего сервисного документооборота. Информация о реализации сервисных и ремонтных работ консолидируется в единой базе данных и выводится в удобном формате для проведения аналитических работ и принятия управлений решений. Предложенная система при постоянном применении на АО «НПП «Радиосвязь» зарекомендовала себя как эффективное средство автоматизации контроля процессов сервисного обслуживания производимых изделий связи и навигации.

Список литературы

1. Ветров А.С. Сервисное обслуживание продукции машиностроительных предприятий России // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2013. № 1. С. 34–37.
2. Васильева О.Е. Управление качеством сервисного обслуживания промышленной продукции // Экономика и управление. 2010. № 7 (57). С. 64–68.
3. Акимов А.Д. Особенности сервисного обслуживания биотехнологических предприятий в России // Аудиторские ведомости. 2025. № 2. С. 154–159. DOI: 10.24412/1727-8058-2025-2-154-159
4. Вырвич А.А., Дубовская Н.И. Трансформация системы сервисного обслуживания подвижного состава автотранспортного предприятия к условиям цифровой экономики // Актуальные

проблемы защиты и безопасности: тр. XXIII Всерос. науч.-практ. конф. РАРАН. Т. 4. СПб., 2020. С. 96–102.

5. Безверхая Т.В. Применение PLM-систем в процессе сервисного обслуживания изделий приборостроительного предприятия // Modern Science. 2019. № 12-1. С. 45–50.

6. Рябович Д.А. Организация предпродажной подготовки и сервисного обслуживания машин на предприятии // Направления развития технического сервиса: материалы национальной студенческой науч.-практ. конф., Екатеринбург, 25 ноября 2021 года. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2021. Вып. 5. С. 75–79.

7. Моисеенко В.В. Оптимизация процесса сервисного обслуживания на промышленных предприятиях // Инженерная экономика и технологическое предпринимательство: технологическое лидерство и стратегия инжинирингового прорыва: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Донецк, 20 февраля 2025 года. Донецк: ДонНТУ, 2025. С. 291–301.

8. Грицкевич О.В., Попп Е.А. Совершенствование планирования сервисного обслуживания основных фондов приборостроительных предприятий // Инновации и инвестиции. 2019. № 9. С. 290–294.

9. Галямов Р.А., Мингалеев Г.Ф. Управление средствами мониторинга сопутствующих процессов как сервисное обслуживание устройств ИТ-инфраструктуры предприятия // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2022. Т. 78, № 4. С. 80–83.

10. Новикова В.Д., Шишкин П.А. Виды обслуживания в среде сервисного инженерно-технического предприятия // Форум. Серия: Роль науки и образования в современном информационном обществе. 2024. № S1-3 (32). С. 103–107.

11. Груздева К.Е., Смирнова Ж.В. Процесс сервисного обслуживания и пути его совершенствования // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 8 (42). С. 20–27.

12. Glavič P., Pintarič Z.N., Bogataj M. Process Design and Sustainable Development – A European Perspective. Processes. 2021. Vol. 9 (1). P. 148. DOI: 10.3390/pr9010148

13. Никитин А.В. Послепродажное обслуживание сложной техники на основе технологий интерактивного погружения // Научная сессия ГУАП: сб. докл. науч. сессии, посвященной Всемирному дню авиации и космонавтики, Санкт-Петербург, 08–12 апреля 2019 года. В 3 ч. Ч. II. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2019. С. 418–421.

14. Establishment of International After-Sales Service System for Coal Mine Equipment / Z. Yan, J. Liu, K. Zhu et al. // 2020 International Conference on Wireless Communications and Smart Grid (ICWCSG). Qingdao, China, 2020. P. 508–511. DOI: 10.1109/ICWCSG50807.2020.00113

15. Щербакова Н.В., Пахомова А.И. Сервисное обслуживание потребителей услуг и факторы повышения конкурентоспособности предприятий сервиса // Современные условия взаимодействия науки и техники: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. 2017. Т. 1. С. 189–191.

16. After sales service: key settings for improving profitability and customer satisfaction / C.G.S. Rebelo, M.T. Pereira, J.F.G. Silva et al. // Procedia Manufacturing. 2021. Vol. 55. P. 463–470. DOI: 10.1016/j.promfg.2021.10.063

References

1. Vetrov A.S. The after-sales service of machine-building enterprises' production in Russia. *Vestnik Saratov state socio-economic university*. 2013;(1):34–37. (In Russ.)
2. Vasilyeva O.E. Industrial production service maintenance quality management. *Economics and management = Ekonomika i upravlenie*. 2010;7(57):64–68. (In Russ.)
3. Akimov A.D. Features of servicing biotechnological enterprises in Russia. *Auditorskiye vedomosti = Audit journal*. 2025;(2):154–159. (In Russ.) DOI: 10.24412/1727-8058-2025-2-154-159
4. Vyrvich A.A., Dubovskaya N.I. [Transformation of the service system for the rolling stock of a motor transport enterprise to the conditions of the digital economy]. In: *Current Issues of Defense and Security: Proceedings of the 23rd All-Russian Scientific and Practical Conference of the Russian Academy of Missile and Artillery Sciences*. Vol. 4. St. Petersburg, 2020. P. 96–102. (In Russ.)

5. Bezverkhaya T.V. [Application of PLM systems in the service maintenance process of instrument manufacturing enterprises]. *Modern Science*. 2019;(12-1):45–50. (In Russ.)
6. Ryabovich D.A. Organization of pre-sale preparation and service of cars at the enterprise. In: *Directions for the Development of Technical Services: Proceedings of the National Student Scientific and Practical Conference, Ekaterinburg, November 25, 2021*. Ekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2021. Iss. 5. P. 75–79. (In Russ.)
7. Moiseenko V.V. Optimization of the service process at industrial enterprises. In: *Engineering economics and technological entrepreneurship: technological leadership and strategy of engineering breakthrough: Proceedings of the III International scientific and practical conference, Donetsk, February 20, 2025*. Donetsk: DonNTU, 2025. P. 291–301. (In Russ.)
8. Gritskevich O.V., Popp E.A. Improvement of planning of service of fixed assets of instrument making industry enterprises. *Innovacii i investicii*. 2019;(9):290–294. (In Russ.)
9. Galyamov R.A., Mingaleev G.F. Management of monitoring means for auxiliary processes as service maintenance of IT infrastructure devices. *Bulletin of Kazan State Technical University named after A.N. Tupolov*. 2022;78(4):80–83. (In Russ.)
10. Novikova V.D., Shishkin P.A. [Types of Maintenance in the Environment of a Service Engineering and Technical Enterprise]. *Forum. Series: The Role of Science and Education in the Modern Information Society*. 2024;S1-3(32):103–107. (In Russ.)
11. Gruzdeva K.E., Smirnova Zh. V. Service process and paths its improvement. *Innovative economy: prospects for development and improvement*. 2019;8(42):20–27. (In Russ.)
12. Glavič P., Pintarič Z.N., Bogataj M. Process Design and Sustainable Development – A European Perspective. *Processes*. 2021;9(1):148. DOI: 10.3390/pr9010148
13. Nikitin A.V. After-sales service of complex technical systems based on interactive and immersive technologies. In: *Scientific Session of GNASA: Proceedings of the Scientific Session Dedicated to the World Aviation and Cosmonautics Day, St. Petersburg, April 8–12, 2019. In 3 parts. Part II*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Aeronautics and Cosmonautics, 2019. P. 418–421. (In Russ.)
14. Yan Z., Liu J., Zhu K., Yuan Y., Yang W., Ma Y. Establishment of International After-Sales Service System for Coal Mine Equipment. In: *2020 International Conference on Wireless Communications and Smart Grid (ICWCSG)*. Qingdao, China, 2020. P. 508–511. DOI: 10.1109/ICWCSG50807.2020.00113
15. Shcherbakova N.V., Pakhomova A.I. [Service Maintenance of Service Consumers and Factors Improving Enterprise Competitiveness]. In: *Modern Conditions of the Interaction between Science and Technology: Collection of articles from the International scientific and practical conference. Vol. 1*. 2017. P. 189–191. (In Russ.)
16. Rebelo C.G.S., Pereira M.T., Silva J.F.G., Ferreira L.P., Sá J.C., Mota A.M. After-sales Service: Key Settings for Improving Profitability and Customer Satisfaction. *Procedia Manufacturing*. 2021;55:463–470. DOI: 10.1016/j.promfg.2021.10.063

Информация об авторах

Капулин Денис Владимирович, канд. техн. наук, доц., заведующий базовой кафедрой информационных технологий на радиоэлектронном производстве, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; DKapulin@sfu-kras.ru.

Воронков Максим Сергеевич, аспирант, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; Mvoronkov-a21@stud.sfu-kras.ru.

Русских Полина Андреевна, канд. техн. наук, доц. базовой кафедры информационных технологий на радиоэлектронном производстве, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; Prussikh@sfu-kras.ru.

Дрозд Олег Владимирович, канд. техн. наук, доц. базовой кафедры информационных технологий на радиоэлектронном производстве, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; Odrozd@sfu-kras.ru.

Соболева Елена Владимировна, старший преподаватель кафедры разговорного иностранного языка, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; Esoboleva@sfu-kras.ru.

Information about the authors

Denis V. Kapulin, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Head of the Basic Department of Information Technologies in Radioelectronic Production, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; DKapulin@sfu-kras.ru.

Maksim S. Voronkov, Postgraduate student of the Basic Department of Information Technologies in Radioelectronic Production, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; Mvoronkov-a21@stud.sfu-kras.ru.

Polina A. Russkikh, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof. of the Basic Department of Information Technologies in Radioelectronic Production, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; Prusskikh@sfu-kras.ru.

Oleg V. Drozd, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof. of the Basic Department of Information Technologies in Radioelectronic Production, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; Odrozd@sfu-kras.ru.

Elena V. Soboleva, Senior Lecturer of the Department of Conversational Foreign Language, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; Esoboleva@sfu-kras.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.03.2025

The article was submitted 04.03.2025