

# НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

## Редколлегия:

**Бородуля В.А.** – доктор техн. наук, профессор, чл. кор. НАН Беларуси

**Герасимович Л.С.** – доктор техн. наук, профессор, академик НАН Беларуси

**Девойно О.Г.** – доктор техн. наук, профессор

**Ивашко В.С.** – доктор техн. наук, профессор

**Ловшенко Г.Ф.** – доктор техн. наук, профессор

**Саранцев В. В.**, канд. техн. наук, доцент, отв. секретарь

**Струк В.А.** – доктор техн. наук, профессор

**Ярошевич В.К.** – доктор техн. наук, профессор

## Содержание:

1. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

2. ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА АВТОРЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF RESTORATION OF MACHINE DETAILS*

**Витковский А.А., Ивашко В.С., Буйкус К.В., Ярошевич В.К.**

**Аннотация.** Разработана система автоматизации проектирования технологических процессов ремонта и восстановления деталей машин. Созданная база данных интегрирована в САПР ТП «КОМПАС-Автопроект». Разработана справочная система способов восстановления деталей машин, средств технологического оснащения ремонтно-обслуживающих предприятий, материалов, применяемых при ремонте и восстановлении деталей машин и справочник средств дефектации. Автоматизирован отраслевой классификатор дефектов деталей машин.

**Annotation.** System of automation of designing of technological processes of repair and restoration of machines details is developed. The created database integrated into the CAD system of «KOMPAS-Avtoproject». Referenc esystem of methods of restoration of machines details, means of technological equipment of repair and service enterprises, materials used in the repair and restoration of machines details and reference of inspection means are developed. Automated industrial classifier of machine detail defects.

**Введение.** В связи с постоянным развитием машиностроения, расширяющейся номен-

клатурой выпускаемых изделий и деталей, перед ремонтно-обслуживающими предприятиями ставятся задачи ускоренной разработки технологической документации на ремонт и восстановление деталей машин. Степень проработанности и форма ее представления должна соответствовать требованиям ГОСТов и международным стандартам оформления документации. Это же необходимо и для расширения производства - освоения ремонта новых изделий.

Использование САПР ТП ремонтно-обслуживающими предприятиями позволит:

- повысить качество технологической документации;
- сократить трудоемкость и сроки технологической подготовки производства (ТПП);
- организовать машинный архив проектной документации и безбумажный документооборот в сети ЭВМ;
- осуществить интеграцию с системами конструкторской подготовки производства и управления предприятием;
- готовить любые формы проектных документов;
- работать с нормативно-справочной информацией;
- в полной мере производить заимствование ранее принятых технологических решений.

**Основная часть.** В результате анализа процесса проектирования ТП ремонта и восстановления сформировался ряд задач:

- разработать модель данных технологического процесса восстановления деталей машин;
- автоматизировать классификатор дефектов деталей и поверхностей по геометрической форме, условиям работы и изнашивания в соединении;
- разработать справочник средств дефектации деталей;
- разработать справочную систему способов восстановления и их характеристик;
- разработать справочную систему средств технологического оснащения ремонтного производства;
- разработать справочник материалов, применяемых в ремонтном производстве;

Разработанная база интегрирована в качестве подсистемы, в САПР ТП «КОМПАС-Автопроект», которая может использоваться в учебном процессе.

Модель данных спроектированной системы (рис.1) имеет четыре основных уровня: деталь - дефект - операция - переход.



Рис. 1. Модель данных системы

На уровне «Деталь» содержится информация о восстанавливаемой детали в целом (наименование, разработчик технологии, дата, материал, код дефектов детали, и.т.д).

На уровне «Дефект» содержится перечень возможных дефектов детали, способах дефектации и восстановления каждого дефекта.

На уровне «Операции» содержится перечень восстановительных операций, с указанием оборудования, норм времени, разряда работы ит.д.

На уровне «Переходы» перечислены тексты переходов, режущие инструменты, приспособления, режимы резания и др., подчиненные одной операции.

На уровне «Эскизы» содержится перечень файлов системы КОМПАС- график, которые вставляются посредством механизма OLEAutomationv карты эскизов.

На уровне «Контроль» содержатся данные, которые используются при формировании карты контроля.

На уровне «Карты» содержится информация о применимости операции в различных типах технологических карт.

На уровне «Комментарий» содержится текст, который используется при формировании карт с комментариями (МОК, МОКК).

Классификатор дефектов деталей и поверхностей. Существует отраслевой классификатор дефектов деталей и поверхностей по геометрической форме, условиям работы и изнашивания в соединении, который связывает геометрию детали, возможные дефекты и технологию ее восстановления [1]. На его базе нами создана система интерактивного кодирования дефектов присущих детали в целом и отдельным ее поверхностям.

На основании кода дефектов и информации о методах и средствах контроля можно в автоматическом режиме получить технологический процесс дефектации за исключением эскизов.

Полученный код используется также при поиске ТП-аналога, выборе способов восстановления и библиотечных операций

Справочник средств дефектации деталей состоит из шести разделов:

- средства измерения размеров деталей;
  - средства контроля отклонения формы;
  - средства контроля отклонения расположения поверхностей;
  - средства контроля параметров шероховатости;
  - средства контроля твердости поверхностей;
  - средства контроля целостности деталей.
- Он имеет структуру, показанную на рис. 2.

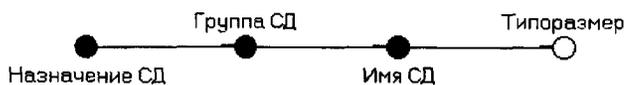


Рис. 2. Структура справочника средств дефектации

Справочная система способов восстановления состоит из пятнадцати разделов:

- 1.сварка;
- 2.наплавка;
- 3.нанесение газотермических покрытий;
- 4.холодное пластическое деформирование;
- 5.горячее пластическое деформирование;
- 6.гальванические процессы;
- 7.нанесение полимерных материалов;
- 8.применение ремонтных размеров;
- 9.применение дополнительных деталей;
- 10.проведение химико-термических процессов;
- 11.электрохимическая обработка;
- 12.электрофизическая обработка;
- 13.электрохимическая обработка;
- 14.пайка;
- 15.термическая обработка.

Структура справочника способов восстановления представлена на рис. 3.

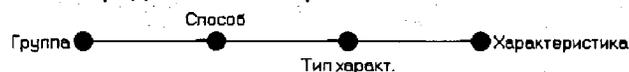


Рис. 3. Структура справочника способов восстановления.

Выбор способа восстановления осуществляется по следующим показателям:

- технологическим (величина и характер износа материала детали и ее конструктивные особенности);
- техническим (прочность сцепления, износостойкость, усталостная прочность, микротвердость);
- экономическим (удельная трудоемкость, удельная себестоимость, удельный расход материала и удельная энергоемкость)

Система может производить выборку способов по технологическому критерию на основании кода дефекта поверхности.

Справочная система средств технологического оснащения состоит из пяти разделов:

- подготовка деталей к восстановлению;
- нанесение покрытий, формоизменение;
- механическая и упрочняющая обработка;
- контроль качества;
- консервация, упаковка, транспортирование и складирование.

Структура справочной системы СТО представлена в виде графа (рис.4)упорядочивающего оборудование по технологическому назначению и связывающего их с операциями и переходами.

Классификация СТО по технологическому назначению представлена на рис. 5.



Рис. 5. Классификация СТО по технологическому назначению

Справочник материалов содержит сведения о материалах, применяемых при ремонте и восстановлении деталей машин:

- полимеры
- электроды
- флюсы
- сварочная и наплавочная проволока
- порошковая проволока и лента
- порошки
- защитные газы
- растворы
- эластомеры и клеевые составы
- припои
- сплавы
- др.

Разработка ТП восстановления начинается с описания восстанавливаемой детали и кодирования дефектов ее поверхностей.

На основании кода дефектов и информации о методах и средствах контроля можно в автоматическом режиме получить технологический процесс дефектации за исключением эскизов.

Затем, на основании кода дефекта поверхности, выбираются доступные способы устранения



Рис 4. Структура справочной системы СТО

дефектов (по технологическому критерию). Пользователь, в интерактивном режиме, пользуясь информацией о характеристиках способов, подбирает рациональный способ для каждого дефекта.

Далее формируются технологические операции восстановления по признаку принадлежности операции к способу устранения дефекта, и устанавливается их последовательность.

Следующим этапом является формирование переходов, где пользователь указывает тексты переходов, используемые при выполнении операции материалы, приспособления, а также режимы обработки.

При необходимости, к операции подключаются эскизы (указывается расположение файлов), указываются данные, на основе которых формируется карта технологического контроля, создаются комментарии в виде произвольного текста, на основе которого может быть сформирована маршрутная и маршрутно-операционная карта с комментариями, и указывают информацию о применимости каждой операции в различных типах технологических карт.

После этого запускается процедура автоматического формирования комплекта технологической документации в формате MSEXCEL(рис. 6.).

Создание базы данных началось с этапа анализа. Исходя из ГОСТ и ЕСТД были определены функции системы, выявлены сущности и установлены связи между ними. Затем создавалась функциональная диаграмма «сущность-связь», которая впоследствии была нормализована до третьей нормальной формы, что предотвращает появление аномалий при обработке данных, повышает производительность и устраняет избыточность информации.

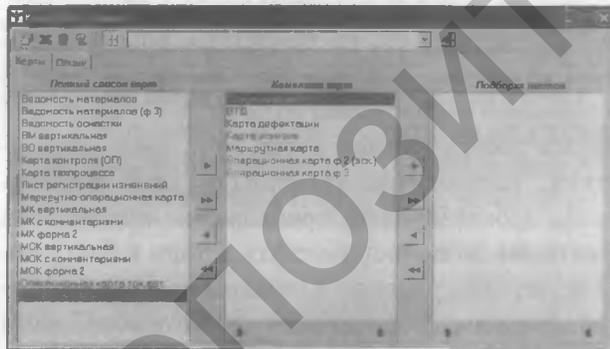


Рис. 6. Окно программы формирования технологической документации

Структура базы данных системы представлена в виде диаграммы «сущность-связь» на рис. 7.

Для интеграции базы в КОМПАС-Автопроект был проведен анализ работы системы, создан список файлов, которые требуется изменить, и добавить. Написана SQL программа, производящая интеграцию подсистемы в «КОМПАС-Автопроект».

**Заключение.** Созданная база данных, являясь подсистемой САПР ТП «КОМПАС-Автопроект»,

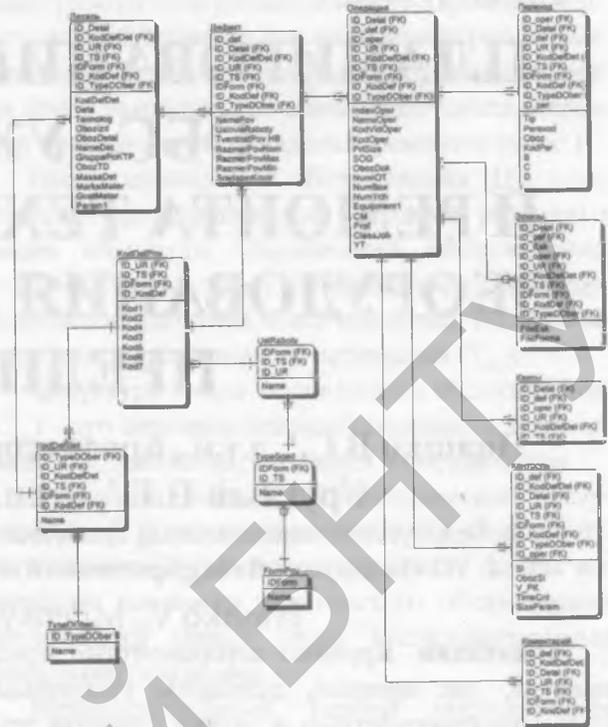


Рис. 7. Функциональная диаграмма системы «сущность-связь»

позволяет комплексно решить задачу формирования ТП ремонта и восстановления деталей машин, повысить качество проектов, за счет заимствования ранее принятых технологических решений, сократить трудоемкость и сроки ТПП, организовать машинный архив проектной документации и безбумажный документооборот в сети ЭВМ, осуществлять интеграцию с системами конструкторской подготовки производства и управления предприятием.

**Список использованных литературных источников**

1. Курчаткин В.В. Надежность и ремонт машин. Учебник. - М., «Колос», 2000.
2. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей / В.И. Бородавко [и др.]; под общ ред. М.Л. Хейфеца и С.А. Клименко – Минск: Беларус. навука, 2013, - 463 с.
3. Восстановление и упрочнение деталей машин: Справочник / В.П. Иванов [и др.]; под ред. Ф.И. Пантелеенко – М.: Машиностроение, 2013. – 368 с.
4. Марка Д.А., Мак Гоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. М., «Мета Технология», 1993.
5. Горин С.В., Тандоев А.Ю. Применение CASE-средства Erwin2.0 для информационного моделирования в системах обработки данных. «СУБД», 1995, №3.