

КАРТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

В.С. Бубнов,

М.С. Блохин

А.А. Москалик

bubnovvs@student.bmstu.ru

blokhinms@student.bmstu.ru

moskalikaa@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Представлена методика разработки карт эскизов технологических операций на примере технологического процесса сборки и монтажа электронной аппаратуры. Для разработки карт применены методы визуализации и структурирования исходной информации об оборудовании, способах сборки и монтажа электронной аппаратуры, основных переходах операций и приспособлениях. Составление технологических процессов с помощью карт эскизов технологических операций в иллюстрированной форме облегчает процесс восприятия сложной информации, что способствует лучшему усвоению учебного материала при изучении дисциплин, связанных с технологией производства электронной аппаратуры.

Ключевые слова

Визуализация, структурирование, технологический процесс, технологическая операция, карты эскизов операций, система навигации

Поступила в редакцию 23.12.2022

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

Введение. Традиционная технологическая документация включает маршрутные карты, карты технологического процесса, операционные карты, технологические инструкции, ведомости оснастки, которые выполняются в форме таблиц, и графических документов в виде карт эскизов, которые соответствуют требованиям Единой системы технологической документации.

Наличие средств автоматизированного проектирования и возможности информационных технологий позволяют применять новые инструменты для повышения производительности современного производства при использовании сложных современных технологических процессов [1].

Технологические процессы состоят из технологических операций. В производственных условиях используются различные средства иллюстрации операций. Пакеты оснащаются разнообразными приложениями для создания всевозможных проектов. Мощные специализированные инструменты проектирования для разработки технических иллюстраций гарантируют высокий уровень эффективности и точности при расчете параметров, проектировании аксонометрических чертежей, высокий уровень производительности и точное соответствие современным отраслевым стандартам качества и эффективности [2–4].

Качественная визуализация помогает при анализе данных и принятии решений на их основе [5]. При визуализации технологических процессов обычно представляют текущую информацию о состоянии оборудования и технологическом процессе в виде графического интерфейса [6]. В технологическом процессе выделяют отдельные операции для визуализации и формируют список операций в соответствии с маршрутом и переходов в порядке следования их в операциях. Переходы сопровождаются пояснительными текстами. Пользуясь этими данными, определяют содержание иллюстраций, разрабатывают файлы, программы-визуализаторы и программы-редакторы [7, 8].

Для изучения технологических процессов при подготовке технических специалистов в высших учебных заведениях требуется ввести такое программное обеспечение, для которого необходима адаптация с учетом специфики учебных задач, оперативной технической поддержки, гибкости и простоты использования.

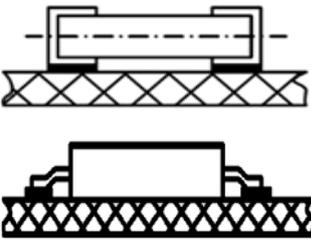
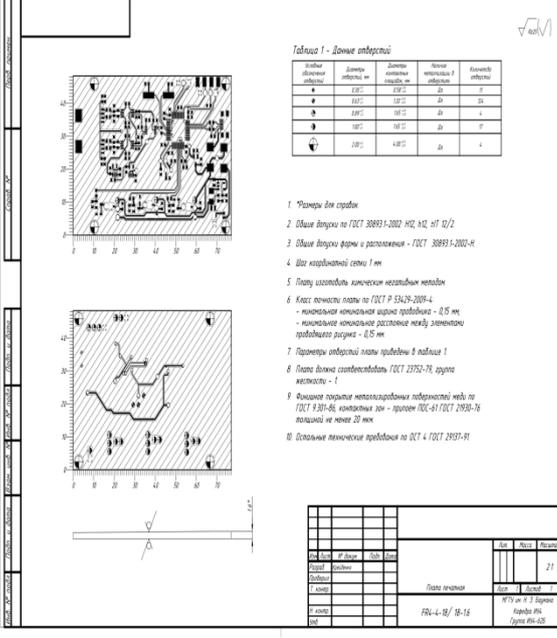
Основной целью данной статьи является разработка образовательного инструмента для обучения процедуре разработки технологических процессов сборки и монтажа электронной аппаратуры с помощью карт эскизов технологических операций с применением средств визуализации и структурирования информации. Использование эскизов операций облегчает процесс восприятия сложной информации, а операционная методика технологического процесса в максимально иллюстративной форме позволяет сокращать время сборки по сравнению с традиционными формами оформления технологических процессов.

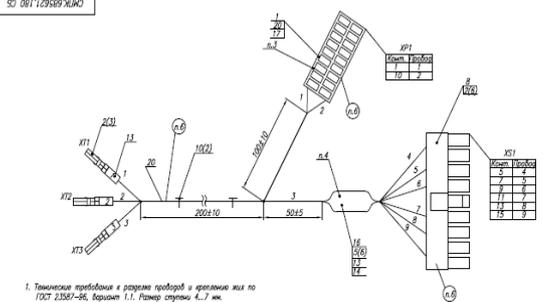
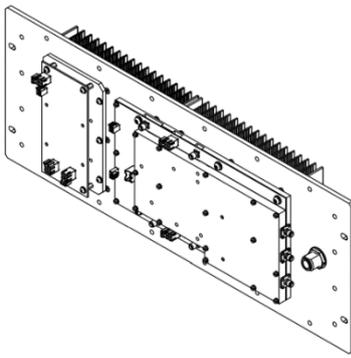
Модернизация и оптимизация образовательного процесса посредством внедрения интерактивных методов и современных технологий в методику обучения дают возможность улучшить качество образования и понимание технологических процессов студентами, при этом позволяя преподавателям уделять больше времени качественному объяснению более мелких подробностей такой сферы, как производство электронной аппаратуры. Это повышает эффективность самостоятельной работы студентов во время обучения.

Визуализация технологических операций для составления операционных карт. Для составления карт эскизов технологических операций исходная информация визуализируется в виде фотографий, эскизов, чертежей, схем, моделей. Примеры способов визуализации технологических операций представлены в табл. 1 [9, 10].

В картах эскизов операций могут использоваться отдельные или все способы визуализации информации в зависимости от видов операций и технологических процессов. Дополняя друг друга, разные виды визуализации создают общее образное представление об операции. Образное представление в сочетании с табулированной вербальной информацией дают полное представление о технологических операциях, которые, располагаясь по технологическому маршруту, образуют технологический процесс [11].

Способы визуализации графического представления операции

Вид визуализации	Способ визуализации	Методика																																																							
Фотография		<p>Фотография электрического монтажа панелей блока</p>																																																							
Эскиз		<p>Способы установки компонентов на печатную плату</p>																																																							
Чертеж	 <p>Таблица 1 - Данные отверстий</p> <table border="1" data-bbox="790 1261 1002 1361"> <thead> <tr> <th>Идентификационный символ</th> <th>Диаметр отверстия, мм</th> <th>Диаметр монтажного паза, мм</th> <th>Наличие оплыва, л</th> <th>Классификация</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10P1</td> <td>10P1</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10P2</td> <td>10P2</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10P3</td> <td>10P3</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10P4</td> <td>10P4</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10P5</td> <td>10P5</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>10P6</td> <td>10P6</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10P7</td> <td>10P7</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>10P8</td> <td>10P8</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>10P9</td> <td>10P9</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10P10</td> <td>10P10</td> <td>да</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>1. Размеры для сборки 2. Общие размеры по ГОСТ 30893-2002 ИС2, ИС2, ИТ 02/2 3. Общие размеры формы и расположения - ГОСТ 30893-2002-И 4. Шаг координатной сетки 1 мм 5. Платы изготавливать из негорючего материала 6. Класс печатной платы по ГОСТ Р 52429-2004-4 - минимальное номинальное значение проводника - 0,15 мм - минимальное номинальное расстояние между элементами проводящего рисунка - 0,15 мм 7. Параметры отверстий платы приведены в таблице 1 8. Плата должна соответствовать ГОСТ 22752-78 группа жесткости - 1 9. Минимальная толщина металлогалванических покрытий медь по ГОСТ 9.301-86; никель/цинк Zn - согласно ГОСТ 41 ГОСТ 21930-76 толщиной не менее 20 мкм 10. Основные технические требования по ДТ 4 ГОСТ 21931-91</p>	Идентификационный символ	Диаметр отверстия, мм	Диаметр монтажного паза, мм	Наличие оплыва, л	Классификация	1	10P1	10P1	да	1	2	10P2	10P2	да	1	3	10P3	10P3	да	1	4	10P4	10P4	да	1	5	10P5	10P5	да	1	6	10P6	10P6	да	1	7	10P7	10P7	да	1	8	10P8	10P8	да	1	9	10P9	10P9	да	1	10	10P10	10P10	да	1	<p>Графическое изображение изделия с соблюдением требований ЕСКД</p>
Идентификационный символ	Диаметр отверстия, мм	Диаметр монтажного паза, мм	Наличие оплыва, л	Классификация																																																					
1	10P1	10P1	да	1																																																					
2	10P2	10P2	да	1																																																					
3	10P3	10P3	да	1																																																					
4	10P4	10P4	да	1																																																					
5	10P5	10P5	да	1																																																					
6	10P6	10P6	да	1																																																					
7	10P7	10P7	да	1																																																					
8	10P8	10P8	да	1																																																					
9	10P9	10P9	да	1																																																					
10	10P10	10P10	да	1																																																					

Вид визуализации	Способ визуализации	Методика
Графическая схема сборки	 <p>1. Технические требования и размеры проводов и крепления или по ГОСТ 23249-86. Версиями 1.1. Размер страницы 4...7 мм.</p>	Схема сборки монтажа жгута питания
Изображение 3D-модели		Снимок экрана с оборудованием или обрабатываемой детали, смоделированными в программном обеспечении

Технологические операции состоят из переходов, табулируемых в соответствии с типовыми шаблонами, в которые вносится информация о последовательности переходов, их обозначении и времени, необходимом для выполнения каждого перехода. Суммируя время выполнения переходов, определяют штучное время выполнения операции. Исходя из штучного времени технологического процесса, определяют возможность выполнения годовой программы выпуска, исходя из способов выполнения операций (в ручном режиме, с использованием полуавтоматического или автоматического оборудования).

Технологические операции подразделяют на группы в зависимости от их последовательности в ходе выполнения технологического процесса, деление происходит на основе фреймовых семантических сетей [12]:

- подготовительные операции;
- монтажные операции;
- пайка компонентов;
- вспомогательные (прочие) операции;
- завершающие операции.

Шаблон для составления карты эскизов операций представлен на рис. 1.

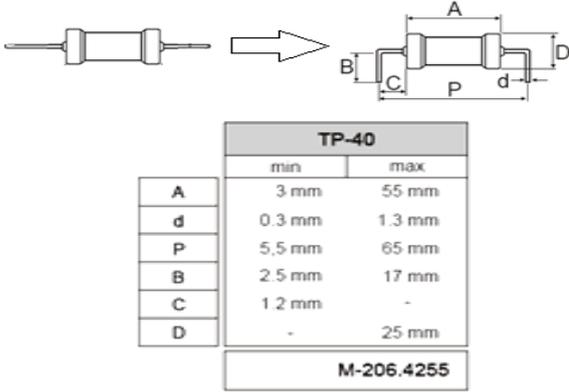
Исходная информация для составления карт эскизов технологических операций предварительно структурируется. Структурирование исходной информации представлено в табл. 2.

Пример карты эскизов технологической операции представлен на рис. 2.

№ операции	Название операции	
Эскиз операции		
Изображение объекта		
Изображение оборудования, на котором выполняется операция		
№ п/п	Наименование перехода	T, c
1		
2		
3		
Оборудование		
Оснастка		
Материалы		

Рис. 1. Шаблон карты эскизов операций для структурирования исходной информации

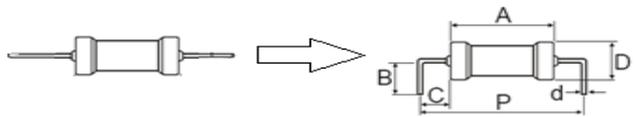
Структурирование исходной информации для составления карт эскизов технологических операций

№ п/п	Вид информации	Форма представления информации																								
1	Эскиз технологической операции	 <table border="1" data-bbox="786 689 1118 958"> <thead> <tr> <th colspan="3">TP-40</th> </tr> <tr> <th></th> <th>min</th> <th>max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>3 mm</td> <td>55 mm</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>0.3 mm</td> <td>1.3 mm</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>5.5 mm</td> <td>65 mm</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>2.5 mm</td> <td>17 mm</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>1.2 mm</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>-</td> <td>25 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center">M-206.4255</p>	TP-40				min	max	A	3 mm	55 mm	d	0.3 mm	1.3 mm	P	5.5 mm	65 mm	B	2.5 mm	17 mm	C	1.2 mm	-	D	-	25 mm
TP-40																										
	min	max																								
A	3 mm	55 mm																								
d	0.3 mm	1.3 mm																								
P	5.5 mm	65 mm																								
B	2.5 mm	17 mm																								
C	1.2 mm	-																								
D	-	25 mm																								
2	Оборудование																									
3	Операция «Автоматизированная формовка выводов ЭРЭ»	<table border="1" data-bbox="600 1406 1283 1865"> <thead> <tr> <th>№ перехода</th> <th>Наименование перехода</th> <th>T, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>Извлечь ЭРЭ из тары технологической и положить в кассету автомата F1B</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>Провести ориентацию ЭРЭ и выполнить формовку выводов</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>Извлечь ЭРЭ из кассеты автомата для формовки и положить в тару технологическую согласно чертежу и комплектной ведомости</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	№ перехода	Наименование перехода	T, с	01	Извлечь ЭРЭ из тары технологической и положить в кассету автомата F1B	5	02	Провести ориентацию ЭРЭ и выполнить формовку выводов	20	03	Извлечь ЭРЭ из кассеты автомата для формовки и положить в тару технологическую согласно чертежу и комплектной ведомости	3												
№ перехода	Наименование перехода	T, с																								
01	Извлечь ЭРЭ из тары технологической и положить в кассету автомата F1B	5																								
02	Провести ориентацию ЭРЭ и выполнить формовку выводов	20																								
03	Извлечь ЭРЭ из кассеты автомата для формовки и положить в тару технологическую согласно чертежу и комплектной ведомости	3																								

№ п/п	Вид информации	Форма представления информации	
4	Название оборудования и приспособлений	Оборудование	Автомат для формовки выводов ЭРЭ F1B
		Оснастка	Кассета, Тара технологическая

Автоматизированная формовка выводов ЭРЭ

Эскиз формовки осевых выводов компонентов, устанавливаемых на печатную плату в отверстия (КМО)



TP-40		
	min	max
A	3 mm	55 mm
d	0.3 mm	1.3 mm
P	5,5 mm	65 mm
B	2.5 mm	17 mm
C	1.2 mm	-
D	-	25 mm

M-206.4255



Установка для обрезки и формовки выводов FV1

Параметры формовки

№ перехода	Наименование перехода	T, с
01	Извлечь ЭРЭ из тары технологической и положить в кассету автомата F1B	5
02	Провести ориентацию ЭРЭ и выполнить формовку выводов	20
03	Извлечь ЭРЭ из кассеты автомата для формовки и положить в тару технологическую согласно чертежу и комплекточной ведомости	3

Оборудование	Автомат для формовки выводов ЭРЭ F1B
Оснастка	Кассета, Тара технологическая

Рис. 2. Пример карты эскиза технологической операции

Для использования карт эскизов технологических операций для составления технологических процессов при изучении дисциплины «Технология производства электронной аппаратуры» разработана поисковая навигационная система по шаблону комбинированного типа [13]. Навигационная система комбинированного типа состоит из двух страниц. Первая страница позволяет выбрать основную группу операции по ее функциональному значению в технологическом процессе. На второй странице представлены все операции, входящие в выбранную группу с визуализацией графического представления операции. Пример второй страницы навигационной системы поиска карт эскизов технологических операций представлен на рис. 3.

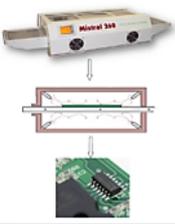
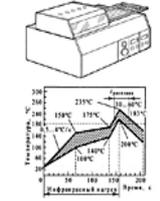
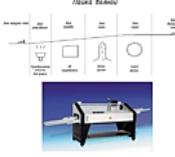
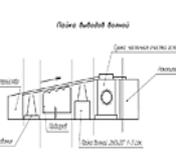
<p>Групповая пайка</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Исполнительные операции</th> <th>Т, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Идентифицировать плату из технологической карты</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Установить плату на конструктор</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Пайка</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Снять плату с конструктора и положить в технологическую карту</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Оборудование: Конструктор печь Инструменты: Торец автоматический</p>	№ п/п	Исполнительные операции	Т, с	1	Идентифицировать плату из технологической карты	2	2	Установить плату на конструктор	2	3	Пайка	50	4	Снять плату с конструктора и положить в технологическую карту	2	<p>Пайка в печи (вид 1)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Исполнительные операции</th> <th>Т, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Установить плату в корзину для групповой пайки</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Организовать пайку</td> <td>05</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Вынуть плату</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Визуально проконтролировать качество пайки</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Оборудование: Печь конвекционная, печь АР-3А Инструменты: Зажимные пинцеты</p>	№ п/п	Исполнительные операции	Т, с	1	Установить плату в корзину для групповой пайки	5	2	Организовать пайку	05	3	Вынуть плату	2	4	Визуально проконтролировать качество пайки	2	<p>• • •</p>	<p>Пайка паяльником</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Исполнительные операции</th> <th>Т, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Установить плату в приспособление для пайки</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Присоединить элементы к монтажной плате/плате</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Подготовить материал 2 для волн пайки</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Проконтролировать качество пайки визуально</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Идентифицировать плату из приспособления для пайки и положить в карту</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Оборудование: Печь конвекционная Инструменты: Торец автоматический, паяльник Материалы: Проводник ПС-41 ГОСТ 21915-76 Рецепты: Г.2.16.201 Г.</p>	№ п/п	Исполнительные операции	Т, с	1	Установить плату в приспособление для пайки	4	2	Присоединить элементы к монтажной плате/плате	10	3	Подготовить материал 2 для волн пайки	10	4	Проконтролировать качество пайки визуально	10	5	Идентифицировать плату из приспособления для пайки и положить в карту	5																								
№ п/п	Исполнительные операции	Т, с																																																																									
1	Идентифицировать плату из технологической карты	2																																																																									
2	Установить плату на конструктор	2																																																																									
3	Пайка	50																																																																									
4	Снять плату с конструктора и положить в технологическую карту	2																																																																									
№ п/п	Исполнительные операции	Т, с																																																																									
1	Установить плату в корзину для групповой пайки	5																																																																									
2	Организовать пайку	05																																																																									
3	Вынуть плату	2																																																																									
4	Визуально проконтролировать качество пайки	2																																																																									
№ п/п	Исполнительные операции	Т, с																																																																									
1	Установить плату в приспособление для пайки	4																																																																									
2	Присоединить элементы к монтажной плате/плате	10																																																																									
3	Подготовить материал 2 для волн пайки	10																																																																									
4	Проконтролировать качество пайки визуально	10																																																																									
5	Идентифицировать плату из приспособления для пайки и положить в карту	5																																																																									
<p>• • •</p>	<p>• • •</p>	<p>• • •</p>	<p>• • •</p>																																																																								
<p>Пайка волной припоя (вид 1)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Исполнительные операции</th> <th>Т, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Присоединить плату в корзину из печи</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Организовать пайку в конструкторе</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Идентифицировать плату</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Идентифицировать материал 2 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Идентифицировать материал 3 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Проконтролировать качество пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Установить плату в конструктор</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Идентифицировать материал 1 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Оборудование: Конструктор печь Инструменты: Торец автоматический Материалы: Проводник ПС-41 ГОСТ 21915-76, волн</p>	№ п/п	Исполнительные операции	Т, с	1	Присоединить плату в корзину из печи	2	2	Организовать пайку в конструкторе	4	3	Идентифицировать плату	4	4	Идентифицировать материал 2 для волн пайки	2	5	Идентифицировать материал 3 для волн пайки	2	6	Проконтролировать качество пайки	2	7	Установить плату в конструктор	2	8	Идентифицировать материал 1 для волн пайки	2	<p>Пайка волной припоя (вид 2)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Исполнительные операции</th> <th>Т, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Установить плату в корзину для пайки</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Установить корзину в элемент конструктора</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Идентифицировать материал</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Идентифицировать материал 2 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Идентифицировать материал 3 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Проконтролировать качество пайки</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Установить плату в конструктор</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Оборудование: Конструктор печь волновая Инструменты: Корзина для групповой пайки, паяльник Материалы: Проводник ПС-41 ГОСТ 21915-76, волн</p>	№ п/п	Исполнительные операции	Т, с	1	Установить плату в корзину для пайки	10	2	Установить корзину в элемент конструктора	10	3	Идентифицировать материал	10	4	Идентифицировать материал 2 для волн пайки	2	5	Идентифицировать материал 3 для волн пайки	2	6	Проконтролировать качество пайки	10	7	Установить плату в конструктор	2	<p>• • •</p>	<p>Пайка динамика</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Исполнительные операции</th> <th>Т, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Идентифицировать плату</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Присоединить элементы к монтажной плате</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Проконтролировать качество пайки визуально</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Идентифицировать материал 1 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Идентифицировать материал 2 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Идентифицировать материал 3 для волн пайки</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Оборудование: Печь конвекционная Инструменты: Паяльник электрический, паяльник, торец автоматический, приспособление для пайки Материалы: Проводник ПС-41 ГОСТ 21915-76, волн АС</p>	№ п/п	Исполнительные операции	Т, с	1	Идентифицировать плату	2	2	Присоединить элементы к монтажной плате	2	3	Проконтролировать качество пайки визуально	2	4	Идентифицировать материал 1 для волн пайки	2	5	Идентифицировать материал 2 для волн пайки	2	6	Идентифицировать материал 3 для волн пайки	2
№ п/п	Исполнительные операции	Т, с																																																																									
1	Присоединить плату в корзину из печи	2																																																																									
2	Организовать пайку в конструкторе	4																																																																									
3	Идентифицировать плату	4																																																																									
4	Идентифицировать материал 2 для волн пайки	2																																																																									
5	Идентифицировать материал 3 для волн пайки	2																																																																									
6	Проконтролировать качество пайки	2																																																																									
7	Установить плату в конструктор	2																																																																									
8	Идентифицировать материал 1 для волн пайки	2																																																																									
№ п/п	Исполнительные операции	Т, с																																																																									
1	Установить плату в корзину для пайки	10																																																																									
2	Установить корзину в элемент конструктора	10																																																																									
3	Идентифицировать материал	10																																																																									
4	Идентифицировать материал 2 для волн пайки	2																																																																									
5	Идентифицировать материал 3 для волн пайки	2																																																																									
6	Проконтролировать качество пайки	10																																																																									
7	Установить плату в конструктор	2																																																																									
№ п/п	Исполнительные операции	Т, с																																																																									
1	Идентифицировать плату	2																																																																									
2	Присоединить элементы к монтажной плате	2																																																																									
3	Проконтролировать качество пайки визуально	2																																																																									
4	Идентифицировать материал 1 для волн пайки	2																																																																									
5	Идентифицировать материал 2 для волн пайки	2																																																																									
6	Идентифицировать материал 3 для волн пайки	2																																																																									

Рис. 3. База данных карт эскизов технологических операций сборки и монтажа электронной аппаратуры

Алгоритм программы поиска карт эскизов технологических операций представлен на рис. 4.

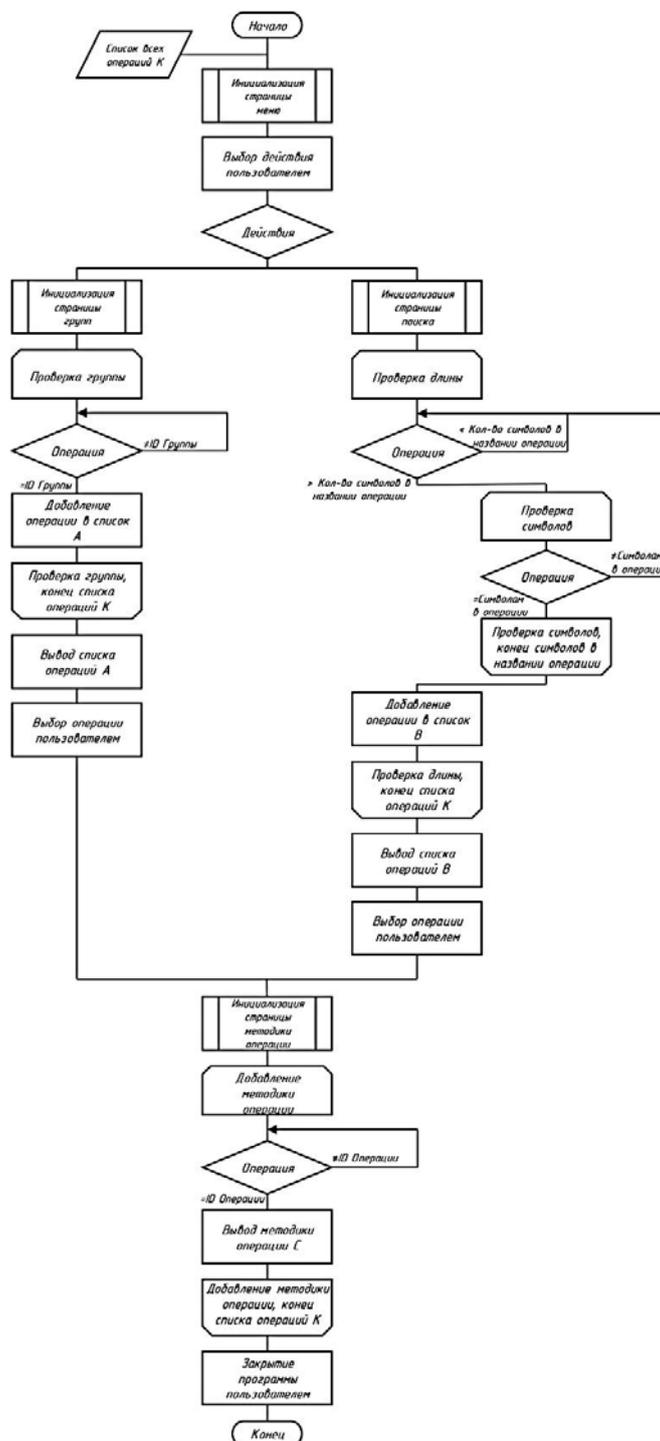


Рис. 4. Алгоритмы программы

Методика работы алгоритма программы. Порядок действий в соответствии с методикой представлен ниже.

Инициализация страницы приложения (меню, поиск, группы, методика) — загрузка структуры страницы приложения, с определенными или относительно определенными расположениями элементов на ней, с заранее внесенными данными, на которые не может повлиять пользователь.

Загрузка предварительных данных — в приложении выводится список класса операций, который может быть выведен полностью или частично, в зависимости от заданных параметров, полный список операций можно просмотреть на странице поиска, частичный список — при вводе в поисковой запрос букв или слов, или на странице групп, где операции разделены на соответствующие группы.

Выбор действий пользователем — конкретные возможные события, которые может совершить пользователь на данной странице:

– страница меню — предоставляет выбор из шести возможных действий для перехода на следующую страницу приложения, в зависимости от выбора пользователя может быть страницей группы или страницей поиска;

– страница группы операций — предоставляет выбор одной операции из выведенного списка данной группы и переход к странице методики данной операции;

– страница поиска — ввод в поисковое поле запроса, выбор операции из прилагаемого списка для перехода к методике операции;

– страница методики операции — предоставляет выбор из двух возможных вариантов действий: закрыть приложение или вернуться на главную страницу (меню).

После выбора пользователем конкретного взаимодействия с программой могут вызываться циклы и другие функции для отсеивания операций и вывода списка операций, которые подходят под заданные условия, добавления на страницу картинок, по запросам к базе данных.

На странице поиска при вводе символов запускается цикл сортировки операций, подходящих по первоначальным символам в названии операции (атрибут Name). При переходе к странице групп вызывается цикл, который получает из полного списка только те операции, которые подходят по атрибуту группы (ID_Group). На странице методики операции будет вызван цикл, во время работы которого отсеиваются операции, не подходящие по уникальному номеру (атрибут ID) и вызывается функция вывода картинки методики операции по запросу к базе данных (атрибут Image_Path).

Операции имеют атрибуты, по которым можно узнать их данные:

- ID — номер операции во всем списке, уникальный идентификатор;
- Name — наименование операции;

- ID_Group — номер группы, к которой принадлежит данная операция;
- Group — наименование группы, к которой принадлежит операция;
- Image_Path — расположения файла картинки, при загрузке методики операции.

Методика использования программы. Меню — элемент интерфейса пользователя, позволяющий выбрать одну из нескольких перечисленных опций программы. При попадании пользователя на страницу меню (рис. 5) перед ним появляется перечень группы операций, каждую из которых пользователь может выбрать.



Рис. 5. Главное меню программы:

1 — кнопка для сворачивания приложения в панель задач; 2 — кнопка раскрытия приложения на весь экран; 3 — кнопка закрытия приложения; 4, 5 — кнопки перехода между предыдущими и последующими страницами приложения; 6 — кнопка для перехода на страницу поиска; 7–11 — кнопки для перехода на страницы групп операций: подготовительные, монтажные, пайка, вспомогательные, завершающие

После выбора нужного эскиза метода операции перед пользователем открывается страница эскиза метода операции (рис. 7, 8), на которой представлены оборудование, эскиз, порядок выполнения для данной операции.

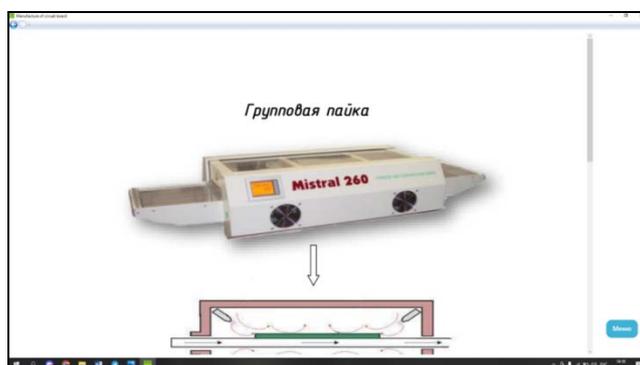


Рис. 6. Страница эскиза метода операции



Рис. 7. Страница эскиза метода операции

Для удобства, если пользователь не знает, к какой группе принадлежит нужная операция, в программе реализован поиск (рис. 8).

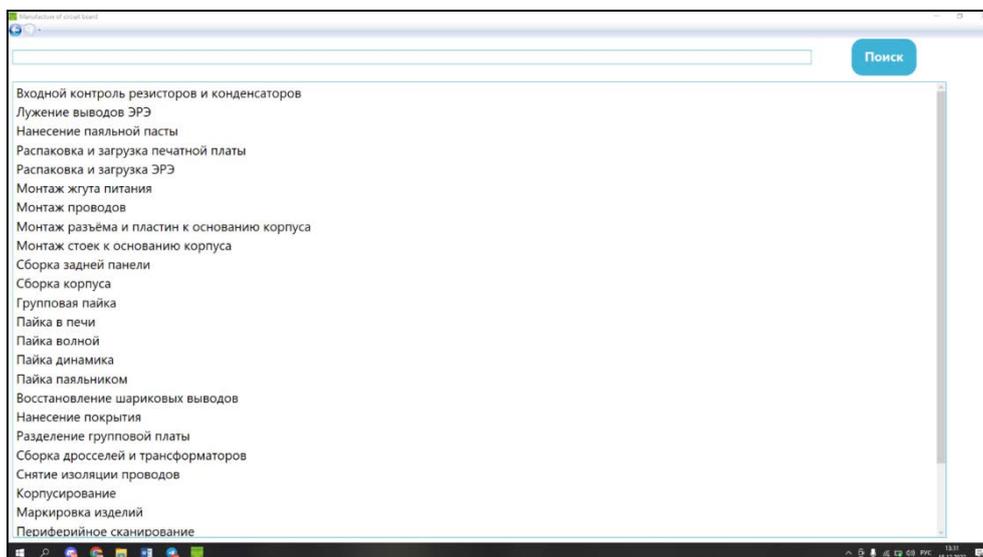


Рис. 8. Страница поисковая система программы

Для формирования информационной системы эскизов технологических операций для программы за основу была взята база данных эскизов с сайта кафедры ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» МГТУ им. Н.Э. Баумана (https://iu4.ru/nauka/bd_ktp/).

Заключение. Образовательные технологии подготовки специалистов по направлению «Конструирование и технология электронной аппаратуры» с использованием инструментов визуализации, иллюстрирования и структурирования информации с использованием созданного программного обеспечения, разработанного студентами, повышают интерес студентов к выбранной специаль-

ности и способствуют лучшему усвоению учебного материала по выбранной программе обучения. Помимо этого повышается эффективность самостоятельной работы благодаря увеличению числа выполненных практических заданий с помощью программных продуктов.

Посредством введения визуальной и интерактивной составляющей в процесс обучения преподаватель сможет более детально объяснять технологический процесс производства электронной аппаратуры, представляя карты эскизов технологических операций с помощью программного обеспечения, что повысит качество образовательного процесса и его рентабельность.

Литература

- [1] Прудюс А.А., Карпунин А.А., Власов А.И. и др. Анализ технологических трендов развития корпоративных информационных систем в условиях цифровизации производства. *Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии. Мат. I Межд. науч.-практ. конф.* Екатеринбург, ИЭ УрО РАН, 2019, с. 490–501.
- [2] Карпунин А.А., Козлов А.А. Анализ методов реализации децентрализованных приложений в конструкторско-технологической информатике. *Информационные технологии в проектировании и производстве*, 2017, № 4, с. 39–44.
- [3] Власов А.И., Ганев Ю.М., Карпунин А.А. Картирование потока создания ценностей в концепции "бережливого производства". *Информационные технологии в проектировании и производстве*, 2016, № 2, с. 23–27.
- [4] Власов А.И., Маркелов В.В., Зотьева Д.Е. Управление и контроль качества изделий электронной техники. семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники. *Датчики и системы*, 2014, № 8, с. 55–66.
- [5] Журавлева Л.В., Мустицов Г.А., Окорочков М.А. и др. Использование дополненной реальности при изучении конструкторско-технологических дисциплин. *Технологии инженерных и информационных систем*, 2020, № 3, с. 46–55.
- [6] Власов А.И. Концепция визуального анализа сложных систем в условиях синхронных технологий проектирования. *Датчики и системы*, 2016, № 8–9, с. 19–25.
- [7] Журавлева Л.В., Власов А.И. Применение визуальных BPMN-моделей технологической подготовки производства электронной аппаратуры при реализации концепции "образование 4.0". *Устойчивое развитие и новая индустриализация: наука, экономика, образование. Мат. конф.* Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021, с. 211–215.
- [8] Журавлева Л.В., Власов А.И. Визуализация творческих стратегий с использованием ментальных карт. *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*, 2013, № 1, с. 133–140.
- [9] Shakhnov V.A. Juravleva L.V., Vlasov A.I. Visual environment of cognitive graphics for end-to-end engineering project-based education. *J. Appl. Eng. Sci.*, 2019. vol. 17, no. 1, pp. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes17-20262>
- [10] Vlasov A., Naumenko A. Analysis of visual modeling tools development for complex production systems. In: *Digital transformation in industry*. Springer, 2022, pp. 335–346. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94617-3_24

- [11] Власов А.И., Журавлева Л.В., Казаков В.В. Методы формализации когнитивной графики и визуальных моделей с использованием схем XML. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2021, № 1, с. 51–77.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/0236-3933-2021-1-51-77>
- [12] Журавлева Л.В., Власов А.И., Тимофеев Г.Г. Методы генерационного визуального синтеза технических решений в области микро-/наносистем. *Научное обозрение*, 2013, № 1, с. 107–111.
- [13] Журавлева Л.В., Лебедев А.С. Формализация информации по прототипам технологической оснастки для сборки электронной аппаратуры. *Информационные технологии в проектировании и производстве*, 2017, № 2, с. 67–72.

Бубнов Владислав Сергеевич — студент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Блохин Михаил Сергеевич — студент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Москалик Анна Алексеевна — студентка кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Журавлева Людмила Васильевна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Бубнов В.С., Блохин М.С., Москалик А.А. Картирование технологических операций сборки и монтажа электронной аппаратуры. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 02(79). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-02-863>

MAPPING OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF ASSEMBLY AND INSTALLATION OF ELECTRONIC EQUIPMENT

V.S. Bubnov, M.S. Blokhin, A.A. Moskalik

bubnovvs@student.bmstu.ru
blokhinms@student.bmstu.ru
moskalikaa@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article presents a methodology for developing maps of sketches of technological operations on the example of the technological process of assembly and installation of electronic equipment. To develop maps of sketches of technological operations, methods of visualization and structuring of initial information about equipment, methods of assembly and installation of electronic equipment, basic transitions of operations and fixtures were used. Drawing up technological processes using maps of sketches of technological operations in an illustrated form facilitates the process of perception of complex information, contributes to a better assimilation of educational material when studying disciplines in the technology of production of electronic equipment.

Keywords

Visualization, structuring, technological process, technological operation, maps of sketches of operations, navigation system

Received 23.12.2022

© Bauman Moscow State Technical University, 2022

References

- [1] Prudius A.A., Karpunin A.A., Vlasov A.I. et al. [Analysis of technological trends of development of corporate information systems under conditions of digitalization of production]. *Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: tendentsii, upravlenie, strategii. Mat. I Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Digital Transformation of the Industry: Trends, Managements, Strategies. Proc. I Int. Sci.-Pract. Conf.]. Ekaterinburg, IE UrO RAN Publ., 2019, pp. 490–501 (in Russ.).
- [2] Karpunin A.A., Kozlov A.A. Analysis of implementation methods for decentralized applications in design and technology informatics. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information technology of CAD/CAM/CAE], 2017, no. 4, pp. 39–44 (in Russ.).
- [3] Vlasov A.I., Ganey Yu.M., Karpunin A.A. The use of value stream mapping in lean manufacturing system. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information technology of CAD/CAM/CAE], 2016, no. 2, pp. 23–27 (in Russ.).
- [4] Vlasov A.I., Markelov V.V., Zotyeva D.E. Quality control and monitoring of electronic engineering products. Seven principal tools of system analysis in quality control of electronic engineering products. *Datchiki i sistemy* [Sensors & Systems], 2014, no. 8, pp. 55–66 (in Russ.).
- [5] Zhuravleva L.V., Mustitsov G.A., Okorokov M.A. et al. Using augmented reality in the study of engineering and technology disciplines. *Tekhnologii inzhenernykh i infor-*

- matsionnykh system* [Technologies of Engineering and Information Systems], 2020, no. 3, pp. 46–55 (in Russ.).
- [6] Vlasov A.I. The concept of the visual analysis of difficult systems in the conditions of synchronous technologies of designing. *Datchiki i sistemy* [Sensors & Systems], 2016, no. 8–9, pp. 19–25 (in Russ.).
- [7] Zhuravleva L.V., Vlasov A.I. [Application of visual BPMN-models of technological preparation of electronic equipment production in the implementation of the “Education 4.0” concept] *Ustoychivoe razvitie i novaya industrializatsiya: nauka, ekonomika, obrazovanie. Mat. konf.* [Sustainable Development and New Industrialisation: Science, Economy, Education. Proc. Conf.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2021, pp. 211–215 (in Russ.).
- [8] Zhuravleva L.V., Vlasov A.I. Visualization of creative strategies: application of mental maps. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal. Management and High Technologies], 2013, no. 1, pp. 133–140 (in Russ.).
- [9] Shakhnov V.A. Juravleva L.V., Vlasov A.I. Visual environment of cognitive graphics for end-to-end engineering project-based education. *J. Appl. Eng. Sci.*, 2019. vol. 17, no. 1, pp. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes17-20262>
- [10] Vlasov A., Naumenko A. Analysis of visual modeling tools development for complex production systems. In: *Digital transformation in industry*. Springer, 2022, pp. 335–346. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94617-3_24
- [11] Vlasov A.I., Zhuravleva L.V., Kazakov V.V. Methods for formalizing cognitive graphics and visual models using XML schemas. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering*, 2021, no. 1, pp. 51–77. DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/0236-3933-2021-1-51-77> (in Russ.).
- [12] Zhuravleva L.V., Vlasov A.I., Timofeev G.G. Methods of generation visual synthesis of technical solutions in the sphere of micro-/nano-electronic mechanic systems. *Nauchnoe obozrenie*, 2013, no. 1, pp. 107–111 (in Russ.).
- [13] Zhuravleva L.V., Lebedev A.S. Formalization of information about prototype tooling for assembly electronic products. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information technology of CAD/CAM/CAE], 2017, no. 2, pp. 67–72 (in Russ.).

Bubnov V.S. — Student, Department of Design and Technology of Electronic Equipment Production, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Blokhin M.S. — Student, Department of Design and Technology of Electronic Equipment Production, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Moskalik A.A. — Student, Department of Design and Technology of Electronic Equipment Production, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Zhuravleva L.V., Cand. Sc. (Eng.), Professor, Department of Design and Technology of Electronic Equipment Production, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Bubnov V.S., Blokhin M.S., Moskalik A.A. Mapping of Technological Operations of Assembly and Installation of Electronic Equipment. *Politekhnicheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2023, no. 02(79).
<http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-02-863.html> (in Russ.).