

А.Л. Федоров  
А.Ю. Краснопевцев  
О.В. Шашкин



# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАЯНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт машиностроения  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением  
и родственные процессы»

А.Л. Федоров, А.Ю. Краснопевцев, О.В. Шашкин

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАЯНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Учебно-методическое пособие

Тольятти  
Издательство ТГУ  
2013

УДК 519.8:621.791.75

ББК 30.61

Ф333

Рецензенты:

заместитель начальника управления лабораторно-испытательных работ УЛИР ОАО «АВТОВАЗ» *А.Н. Чернышев*;  
д-р техн. наук, профессор Тольяттинского государственного университета *Б.Н. Перевезенцев*.

**Ф333** Федоров, А.Л. Технология изготовления паяных конструкций : учеб.-метод. пособие / А.Л. Федоров, А.Ю. Краснопевцев, О.В. Шашкин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. –62 с. : обл.

В пособии изложен порядок курсового проектирования от выбора темы до защиты. Приведено содержание основных разделов пояснительной записки и графической части в зависимости от направления проектирования. Даны рекомендации по проектированию. Приведена справочная информация из нормативной документации по пайке.

Предназначено для помощи студентам магистратуры, специализирующимся в области пайки, в процессе курсового проектирования. Может быть полезно студентам специалитета при выполнении курсового проекта по пайке.

УДК 519.8:621.791.75

ББК 30.61

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский  
государственный университет», 2013

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к курсовому проектированию ориентированы на развитие у студентов инновационного мышления и профессиональных навыков по разработке технологий производства паяных конструкций.

Методические указания должны помочь студенту:

- сформулировать тему курсового проекта;
- определить его структуру;
- сориентироваться в соответствующей научной литературе и нормативной документации;
- выполнить технологическую и конструкторскую проработку основных частей курсового проекта;
- оформить результаты курсового проектирования в соответствии с требованиями.

Курсовой проект или курсовая работа – это самостоятельная инженерная работа студента. Курсовое проектирование предполагает консультационную помощь со стороны руководителя проекта и творческое развитие студентом темы курсового проекта.

Со стороны руководителя проекта предусматривается:

- оказание помощи в подборе темы проекта;
- консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения проекта;
- оказание помощи студенту в подборе дополнительной литературы;
- оказание помощи в выборе технических решений;
- периодическая проверка выполненной части работы;
- контроль за ходом выполнения курсового проекта.

Работа над курсовым проектом должна проводиться в строгом соответствии с графиком учебного процесса и графиком работы над курсовым проектом. Для студентов, не представивших проект к защите в срок или получивших неудовлетворительные оценки на защите, назначается дополнительная дата защиты. К дополнительной защите допускаются студенты с направлением из деканата.

Методические указания разъясняют цели и задачи курсового проектирования, требования к оформлению проекта и процедуре его защиты. При этом методические указания исходят из содержательного единства учебных дисциплин «Теоретические основы пайки», «Техно-

логия производства паяных конструкций», «Оборудование и автоматизация процессов пайки», «Материаловедение сварки и пайки», «Приспособления для сварки и пайки».

Курсовое проектирование должно помочь студентам закрепить теоретический материал лекционных курсов, расширить знания за счет самостоятельной работы со специальной и справочной литературой, овладеть навыками научно-исследовательской работы, научить студентов методам аналитической и проектной работы, умению разрабатывать технологии пайки, научить их грамотно и убедительно обосновывать принятые в проекте технические решения.

Если при обучении по программе специалитета предусматривался курсовой проект на завершающей стадии обучения (в последнем семестре теоретического обучения), то в магистратуре в связи с необходимостью подготовки магистерской диссертации, курсовое проектирование может начинаться во втором семестре первого года обучения и продолжаться на втором курсе. В этом случае первая часть (как правило, в виде курсового проекта) в основном посвящена оценке технологичности конструкции, обоснованию и разработке технологического процесса, а вторая часть (возможно в виде курсовой работы) — подбору либо проектированию оборудования и оснастки для осуществления этого технологического процесса, при необходимости — включая вопросы автоматизации. Объем курсового проекта — 4...5 листов графической части и 30...50 страниц пояснительной записки. Объем курсовой работы — 2...3 листа графической части и 20...30 страниц пояснительной записки. Тематика курсового проекта и курсовой работы должна быть сквозной (изменение возможно в исключительных случаях) и связанной с темой магистерской диссертации. Причем, если планируется диссертация исследовательского типа, то при курсовом проектировании целесообразно рассмотреть возможности применения результатов исследований. Если выполняется магистерская диссертация конструкторского или технологического направления, то в процессе курсового проектирования целесообразно рассмотреть реальную производственную ситуацию и направление ее изменения в лучшую сторону.

Цель курсового проекта — приобретение навыков выполнения комплексной работы в области пайки, закрепление и демонстрация знаний, полученных в процессе изучения дисциплин специализации.

## 1. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Объектом для курсового проектирования может быть сварная (с переходом на пайку) или паяная конструкция, технологический процесс пайки конкретного изделия, оборудование и оснастка, применяемые для пайки.

Тема курсового проекта должна соответствовать реальным задачам, решаемым в отраслях народного хозяйства на современном научно-техническом уровне.

Предусматривается несколько вариантов выполнения курсового проекта в зависимости от сферы проектирования:

- технологическое направление;
- конструкторское направление;
- исследовательское направление.

Возможен синтез из различных вариантов. В соответствии с вариантами выполнения предлагаются возможные формулировки тем:

Технологический процесс пайки (узла)...

Оборудование для пайки (узла)...

Исследование возможности пайки (узла)...

Исследование и разработка припоя (технологии, оборудования).

Тему проекта формулирует руководитель совместно со студентом. Сформулированная тема фиксируется в задании на курсовое проектирование, которое подписывают студент, руководитель и заведующий кафедрой. При выдаче задания студента знакомят с графиком работы над проектом и предполагаемой датой защиты.

Студент может предложить свою формулировку темы, но она обязательно должна быть согласована с руководителем и одобрена заведующим кафедрой.

Форма задания приведена в прил. 1.

Неотъемлемой частью как научных исследований, так и практических разработок является работа с литературой. Поэтому в прилагавшемся к данным методическим указаниям перечне рекомендованной литературы указывается только часть литературных источников, необходимых для первого ознакомления с исследуемым вопросом, остальную литературу по разрабатываемой теме студент после соответствующей консультации руководителя должен подобрать самостоятельно.

Необходимо также ознакомиться с с нормативной документацией по рассматриваемым вопросам (прил. 2) и принятой терминологией (прил. 3).

Подбирая специальную литературу (монографии, брошюры, журнальные статьи и т. п.), необходимо учитывать дату ее издания. В первую очередь следует обратить внимание на литературу последних лет.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 2.1. Общие требования

Курсовой проект должен отвечать следующим требованиям:

1. Актуальность тематики.
2. Соответствие предлагаемых проектных решений современным зарубежным и отечественным тенденциям в области технологии пайки.
3. Соответствие выводов, рекомендаций и предлагаемых решений современному уровню научных разработок, отраженных в соответствующей литературе.
4. Наличие в курсовом проекте теоретической, аналитической и проектной частей работы.
5. Четкость и конкретность выводов и предложений.

Исходя из перечисленных выше требований, для успешного выполнения курсового проекта студенту необходимо:

- иметь глубокие теоретические знания и практические навыки по дисциплинам специализации;
- владеть методами научного исследования, в том числе системного анализа;
- владеть технологией разработки и внедрения нововведений, уметь применять их при решении конкретной технической задачи;
- уметь использовать современные средства вычислительной техники как в процессе выполнения, так и в процессе оформления результатов курсового проектирования;
- свободно ориентироваться в различных источниках информации, самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и уметь правильно с ней работать;
- уметь логично, грамотно и обоснованно формулировать теоретические и практические рекомендации, результаты анализа, проектные решения и мероприятия по их внедрению;
- квалифицированно оформлять текстовый, графический и табличный материал, иллюстрирующий содержание курсового проекта.

Итоги курсового проектирования представляются в виде графической части и пояснительной записки.

## 2.2. Содержание графической части проекта

Графическая часть курсового проекта (чертежи, плакаты) выполняется на листах формата А1. В соответствии с содержательной частью курсового проекта на листах графической части могут быть представлены:

1) чертёж или чертежи паяного узла (как правило, представляется сборочный чертёж, возможно с вариантами исполнения; детализировку целесообразно приводить, если в проекте предлагается новая или существенно модернизированная конструкция либо для оценки величины сборочных зазоров при принятых допусках на сопрягаемые размеры);

2) классификатор изделий в виде таблицы, в которой наряду с наименованиями и эскизами узлов представлены их характерные размеры, сведения о материалах, программе выпуска и назначении изделий и другие необходимые сведения (целесообразно представлять вместо чертежа изделия, если в проекте рассматриваются возможности пайки нескольких групп аналогичных изделий);

3) базовый технологический процесс (если он есть, а проектный технологический процесс существенно отличается, целесообразно графическое их сравнение при защите проекта; форма таблицы технологического листа представлена в прил. 4);

4) анализ вариантов решения (выбор способа соединения, способа пайки, оборудования, технологических материалов или варианта компоновки) в виде таблицы или плаката, на котором приводятся эскизы, преимущества и недостатки вариантов. Рекомендуемая форма листа приведена в прил. 5;

5) методика и результаты экспериментов, если студент активно занимается научной работой в области пайки и родственных технологий (например, лужения), в этом случае в графической части проекта рассматривается методика исследований и приводятся результаты в виде таблиц, графиков и т. д.;

6) проектный технологический процесс (форма таблицы та же, что и для базового);

7) чертежи модернизированного оборудования, спроектированных приспособлений для осуществления технологического процесса;

8) планировка производственного участка.

## 2.3. Содержание пояснительной записки

*Типовая структура* пояснительной записки

- *Задание на курсовой проект.*

- *Аннотация.*

- *Содержание.*

- *Введение* (обоснование актуальности и цели проекта; цель проекта – общественно-значимый положительный эффект, который может быть получен при использовании результатов проекта, например, снижение себестоимости или повышение производительности изготовления, улучшение условий труда и т. п.). Введение как раздел не нумеруется.

- *Основная часть (разделы)*

1. Состояние вопроса (обоснование задач проекта) – обязательный подраздел: задачи формулируются исходя из состояния вопроса на основании его краткого обзора. Предполагается рассмотрение следующих пунктов этого подраздела:

1.1. Описание конструкции изделия, условий его эксплуатации, свойств применяемых конструкционных материалов (с эскизами конструкции изделия или узла, а возможно, и входящих в узел деталей; химический состав и свойства материалов деталей могут приводиться в табличной форме).

1.2. Описание базового технологического процесса (при наличии).

1.3. Критический анализ объекта проектирования, на основании которого в его конструкции и технологии изготовления выявляются недостатки, влияющие на эксплуатационные характеристики изделия.

1.4. Особенности пайки материалов паяного узла, известные варианты технологии, применяемые материалы и оборудование.

1.5. Результаты исследований в данной области (патентный поиск).

1.6. Задачи курсового проекта (обязательный подраздел, задачи должны вытекать из состояния вопроса, в начале подраздела в нескольких предложениях подводятся итоги обзора и обосновываются задачи, затем приводится перечисление задач).

2-й, 3-й, ..., п-й разделы основной части представляют собой обоснование и описание решения 1-й, 2-й, ..., (п–1)-й задач проектирования.

Исходя из логики изложения материала эта часть может быть представлена несколькими разделами в зависимости от сферы проектирования:

- для проекта технологического направления – обоснование последовательности и содержания операций технологического процесса, включая режим пайки, выбора технологических (припои) и вспомогательных (флюсы, газовые среды, покрытия и др.) материалов, необходимого оборудования и оснастки;
- для проекта конструкторского направления – необходимые расчеты; подробное описание работы конструкции и изложение технологического процесса ее создания;
- для проекта исследовательского направления – методика исследований, полученные результаты и их анализ, рекомендации для внесения на основании результатов исследований изменений в конструкцию изделия и (или) в технологический процесс.

- *Заключение.* Лаконично излагаются данные проектной части; подводится итог выполнения задания на курсовое проектирование; резюмируются наиболее существенные результаты проделанной работы. В краткой форме указывают, что цель проекта достигнута за счет разработанных в процессе исследования способов решения задач. Приводят данные о технической (практической) целесообразности проекта (целесообразности проекта), а также рекомендации по использованию полученных результатов и предложенных технических решений и (или) направлению дальнейших работ.

Выводы, сжато и четко сформулированные, должны отображать суть проекта. Заключение (как и введение) не нумеруется.

- *Список использованных источников* представляет собой перечень учебников, учебных пособий, монографий и статей в периодических изданиях, теоретическое и фактическое содержание которых нашло применение при раскрытии выбранной темы и разработке проектных предложений.

- *Приложения* (спецификации, технологические карты и др.).

## **2.4. Оформление пояснительной записки**

Пояснительная записка должна быть выполнена на компьютере, на одной стороне листов формата А4 с полями: 20 мм – верхнее и нижнее, 30 мм – левое, 10 мм – правое. Недопустимо неаккуратное оформление и применение непринятых сокращений. Опечатки, описки и графические неточности допускается исправлять подчисткой или закрашивани-

ем белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или рукописным способом (черными чернилами, пастой или тушью).

Текст пояснительной записки набирается шрифтом Times New Roman, высота (кегель) 14, межстрочный интервал 1,5. Абзацный отступ 1,27 см.

В текстовой части обязательно должны быть ссылки на включаемые в курсовой проект материалы в соответствии со списком используемой литературы.

Общими требованиями к пояснительной записке являются четкость построения, логическая последовательность в изложении материала, краткость и точность формулировок, исключая возможность субъективного и неоднозначного толкования, доказательность выводов и обоснованность рекомендаций.

Такие структурные элементы пояснительной записки, как аннотация, содержание, введение, заключение, список использованных источников, приложения не нумеруются. Заголовки всех структурных элементов располагают в середине строки без точки. Каждый структурный элемент начинают с новой страницы.

Текст основной части пояснительной записки следует делить в соответствии с логикой изложения материала на разделы, подразделы, пункты и подпункты, которые нужно нумеровать арабскими цифрами. Каждый раздел начинается с нового листа.

Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Пункты в пределах каждого подраздела нумеруются арабскими цифрами, разделенными точками. После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят. Например, 2.1.3 (третий пункт, первого подраздела второго раздела). Номер соответствующего раздела, подраздела или пункта ставится в начале заголовка.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Нумерация страниц записки должна быть сквозной, приложения также нумеруются. Первой страницей является титульный лист, второй – задание на проектирование, номер страниц на них не указывается. Номера страниц проставляются в центре нижней части листа без точки.

В содержании последовательно перечисляют заголовки разделов, подразделов, пунктов. Содержание включает все заголовки в точном соответствии с их формулировками в тексте.

Пояснительная записка должна содержать необходимые иллюстрации (фотографии, графики, схемы, эскизы и т. д.), количество которых определяется содержанием записки и должно быть достаточным для придания излагаемому материалу ясности и конкретности.

Все иллюстрации именуется рисунками и имеют сквозную нумерацию в рамках раздела. Каждый рисунок должен сопровождаться подрисуночной подписью, раскрывающей его содержание. Рисунки должны располагаться сразу после ссылки на них в тексте записки. Пример обозначения рисунка и подрисуночной подписи: Рис. 1.1. Общий вид изделия; Рис. 2.3. Диаграмма состояния... Подрисуночную надпись размещают по центру страницы.

Помещаемые в пояснительной записке таблицы должны иметь порядковый номер и заголовок, раскрывающий ее содержание. Таблицу следует помещать после первого упоминания о ней в тексте. Нумерацию таблиц выполнять арабскими цифрами, нумерация сквозная по разделам. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Номер таблицы следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа. Название таблицы располагают в одну строчку с ее номером через тире. Например: «Таблица 1.1 – Химический состав материала изделия», «Таблица 2.3 – Результаты исследований прочности».

При переносе части таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят. Над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы 1.2», например:

Таблица 1.2 – Припой для пайки сталей

Название	Температура пайки	Химический состав		

Продолжение таблицы 1.2

Название	Температура пайки	Химический состав		

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения [(·) или (×)], деления (: ) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе на знаке, символизирующем операцию умножения, ставят знак (×).

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него, например:

Плотность образца,  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса образца, кг;  $V$  – объем образца, м<sup>3</sup>.

Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всего текста (допускается нумерация формул в пределах раздела) арабскими цифрами в круглых скобках, расположенными в крайнем правом положении на строке.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТА

#### 3.1. Порядок выполнения проекта

Высокое качество, надежность паяного изделия и его экономичность, т. е. эксплуатационные характеристики изделия Э, могут быть обеспечены только при условии единства и совместимости следующих составляющих элементов производственной системы: конструкция изделия К, материал изделия Мк, технологический процесс пайки изделия Т, рис. 1 [1; 14].

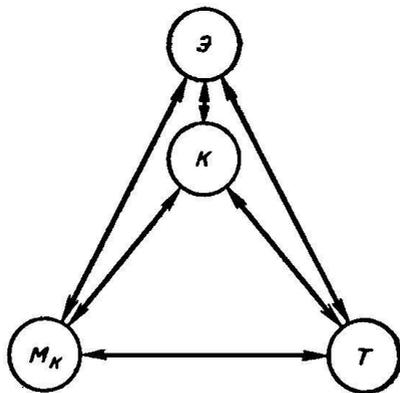


Рис. 1. Элементы системы паяльного производства

Конструкция изделия характеризуется двумя группами факторов [1]: 1) конструктивные – класс изделия, тип соединения, величина зазора, величина нахлестки (прил. 6); 2) масштабные – наибольшая толщина стенки изделия, разностенность деталей изделия, масса изделия и его габаритные размеры.

Второй элемент производственной системы – материал конструкции Мк – характеризуется физико-химическими факторами, и прежде всего температурой солидуса материала изделия, допустимыми режимами его нагрева при пайке, коэффициентом его термического расширения, режимом термообработки.

Третий элемент производственной системы – технологический процесс Т – включает три группы факторов: технологические, технические и экономические. К технологическим факторам относятся технологические материалы Мт (припой и вспомогательные материалы: флюсы, активные газовые среды, стоп-пасты и т. д. Технические факторы характеризуют оснащенность технологического процесса пайки (оборудование, оснастка, средства механизации и автоматизации). К экономическим факторам процесса относятся стоимость технологических материалов, оснащения, нормы времени, размер часовой тарифной ставки.

С учетом изложенного проект рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) изучить конструкцию изделия, его назначение, характер и величину эксплуатационных нагрузок, воздействие рабочей среды и окружающей атмосферы;

- 2) изучить материал конструкции, его свойства, химический состав, технологические свойства;

- 3) изучить базовый технологический процесс изготовления изделия, применяемое при этом оборудование, оснастку, расположение оборудования на производственном участке, его экономические характеристики;

- 4) провести критический анализ объекта проектирования как системы, включающей такие элементы, как конструкция, материал, технология. По результатам анализа данной системы необходимо выявить и описать недостатки отдельных элементов системы, ухудшающие эксплуатационные характеристики изделия, и причины возникновения данных недостатков. Например, причиной малой прочности паяного соединения могут быть припой малой прочности, не соответствующие нагрузкам геометрические характеристики соединения, применение технологии пайки, при которой в паяном шве образуется большое количество дефектов, снижающих прочность и т. д.

Причиной низкой производительности труда может быть неподходящий для данного случая способ нагрева, отсутствие сборочных приспособлений.

Следующий этап работы – поиск путей устранения недостатков элементов системы. Устранение недостатков – это устранение причи-

ны возникновения недостатка. В зависимости от конкретного случая здесь возможны самые разнообразные варианты, однако изменение какого-то одного элемента системы оказывает влияние и на другие элементы системы. Например, вместо припоя малой прочности можно предложить припой большей прочности. При выборе припоя может быть полезным прил. 7. Для определения прочности паяного соединения можно воспользоваться прил. 8. Однако замена припоя, наверняка, потребует изменений в технологии. Для более прочного припоя, как правило, необходима большая температура нагрева. Высокая температура пайки повлечет замену нагревательного устройства. Все это в комплексе, безусловно, окажет влияние на эксплуатационные характеристики изделия. Повысив его прочность, мы увеличим стоимость из-за большего расхода энергии при нагреве и по причине необходимости закупки нового оборудования.

На этапе поиска путей устранения недостатков проводится активная работа с литературой. На основе изучения научно-технической, патентной литературы, с учетом паяемости материала конструкции, конструктивных особенностей изделия и паяных соединений (прил. 6), особенностей эксплуатации намечаются пути устранения выявленных недостатков системы и формулируются задачи работы.

Дальнейшая работа – решение задач проекта. Здесь возможны несколько направлений. В ряде случаев имеющийся опыт в области пайки не позволяет устранить недостатки системы. Приходится проводить дополнительные исследования, тогда проект приобретает исследовательскую направленность. В этом случае на основании нормативной документации разрабатывается методика исследований. Например, для увеличения прочности паяного узла рекомендовано применить припой с большей прочностью, однако применительно к материалу изделия в литературе нет данных по прочности и по параметрам режима пайки. В этом случае предварительно выбирается способ нагрева, способ активации поверхности и проводятся исследования на смачивание согласно ГОСТ 23904–79. На основании исследований определяются ориентировочные параметры режима пайки и проводятся испытания прочности соединений, паяных новым припоем, согласно ГОСТ 28830–90, оценивается качество паяных соединений в соответствии с ГОСТ 24715–81 (прил. 9). По результатам исследований разрабатывается технологический процесс пайки.

Если для решения задач проекта необходимо разработать новый технологический процесс (например, в случае замены припоя), и имеющихся в литературе сведений достаточно для разработки технологического процесса пайки, проектируется новое технологическое направление. В этом случае проектируется операционный технологический процесс изготовления изделия с расчетом или выбором по литературным источникам либо на основании производственного опыта режимов пайки, норм времени, норм расхода вспомогательных материалов, электроэнергии и т. д.

Если для решения задач проекта необходимо изменить конструкцию изделия (прил. 3) или применить нестандартную оснастку, нагревательное оборудование, создается проект конструкторского направления. В этом случае проводят необходимые прочностные расчеты измененного изделия или конструктивных элементов проектируемого оборудования, оснастки. Для изделия измененной конструкции анализируется возможность применения базового технологического процесса, и при необходимости производится его изменение. С учетом установки нового оборудования и оснастки прорабатывается планировка производственного участка.

### **3.2. Содержание основных разделов пояснительной записки**

Во введении кратко описывают производственную систему, указанную в 3.1, и обосновывают актуальность принятой темы курсового проекта. Кратко дают критический анализ производственной системы и формулируют цель проекта. Как было указано выше, цель проекта – общественно значимый положительный эффект, который может быть получен при использовании результатов проекта, например, улучшение эксплуатационных характеристик изделия, улучшение условий труда и т. п.

В разделе «Состояние вопроса» описывают характеристики элементов производственной системы. Как правило, начинают с описания изделия и условий его эксплуатации. Описание изделия дают на основе чертежа и упрощенного эскиза изделия, приводимого в пояснительной записке. Эскиз изделия сопровождают подрисуночной надписью с перечнем основных его элементов. В пояснительной записке указывают

условия эксплуатации изделия (рабочие нагрузки, среду, температуры и т. д.). Приводят технические требования, предъявляемые к изготовлению изделия, требования к точности изготовления, отмечают применяемые методы контроля. Оценивают технологичность конструкции. Затем дают описание материала изделия и его химический состав, приводят механические характеристики и физические свойства, область применения данного материала, его стоимость. После чего проводят анализ паяемости данного материала.

Паяемость – это свойство материала образовывать паяное соединение при заданном режиме пайки ГОСТ 17325–79 (прил. 3). В отличие от свариваемости стандартное определение паяемости не отражает в прямом виде функциональное назначение паяного соединения, хотя в скрытой форме оно заложено в термине «заданный режим пайки».

Под режимом пайки понимают совокупность параметров и условий, при которых осуществляют пайку. К параметрам относят температуру пайки, время выдержки при этой температуре, скорость нагрева и скорость охлаждения. К условиям – способ пайки, припой, флюс (газовую среду), давление на соединяемые заготовки и др. (ГОСТ 17325–79).

Тогда при заданном режиме пайки паяемость – это свойство материала образовывать паяное соединение с требуемой прочностью, пластичностью, герметичностью, электропроводностью, коррозионной стойкостью и т. д.

На паяемость оказывает влияние совокупность факторов, которые условно подразделяют на три группы: физико-химические, технологические и конструктивные факторы [1].

К первой группе факторов относят физико-химические свойства паяемого металла и припоя, определяющие характер их взаимодействия, воздействие флюсующих сред на припой и паяемый металл, условия и характер кристаллизации при пайке. Характер взаимодействия твердого и жидкого металлов зависит от электронного строения их атомов, соотношения атомных радиусов, положения элементов в ряду электроотрицательности, валентности и потенциалов ионизации атомов.

Группу технологических факторов составляют подготовка поверхности и сборка изделий перед пайкой, способ удаления окисной пленки, режим пайки, обработка паяных соединений и др.

К конструктивным факторам относят тип паяного соединения, геометрические параметры и расположение паяных соединений в изделии. Среди перечисленных факторов наибольшее влияние на паяемость оказывают свойства паяемого металла и припоя.

Паяемость материалов существенно зависит от используемого припоя, к которому предъявляют следующие требования:

- 1) температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления соединяемых материалов;
- 2) припой должен обладать хорошей жидкотекучестью, смачивать поверхности соединяемых материалов, растекаться по ним, проникать в узкие зазоры;
- 3) припой не должен в значительной степени снижать прочность (статическую и вибрационную) и пластичность соединяемых материалов, а также способствовать их хрупкому разрушению;
- 4) с паяемыми материалами припой не должен образовывать соединений, склонных к коррозии;
- 5) коэффициенты линейного расширения припоя и соединяемых материалов не должны резко отличаться во избежание образования остаточных напряжений и трещин в паяном соединении.

Помимо общих требований к припоям в зависимости от их использования предъявляют ряд специфических требований, например, по электропроводности, теплопроводности, коррозионной стойкости в специальных средах, деформации в горячем и холодном состояниях и др.

В зависимости от температуры полного расплавления  $T_{пл}$  (температуры ликвидуса) припои подразделяют на особолегкоплавкие ( $T_{пл} \leq 145 \text{ }^\circ\text{C}$ ), легкоплавкие ( $145 \text{ }^\circ\text{C} < T_{пл} \leq 450 \text{ }^\circ\text{C}$ ), среднетемпературные ( $450 \text{ }^\circ\text{C} < T_{пл} \leq 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ ), высокоплавкие ( $1100 \text{ }^\circ\text{C} < T_{пл} \leq 1850 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и тугоплавкие ( $T_{пл} > 1850 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (прил. 4).

Особолегкоплавкие и легкоплавкие припои относят к припоям для низкотемпературной (мягкой) пайки, а среднетемпературные, высокоплавкие и тугоплавкие – к припоям для высокотемпературной (твердой) пайки (ГОСТ 19248–90).

Припои для низкотемпературной пайки изготавливают на основе олова, свинца, висмута, цинка, кадмия и индия.

Припои для высокотемпературной пайки содержат медь, серебро, никель, кобальт, железо, алюминий и др.

Для обеспечения паяемости применяют различные флюсы, основное назначение которых – удаление окислов с поверхности паяемого материала и припоя и предотвращение их образования.

Флюсы должны отвечать следующим требованиям:

- вступать во взаимодействие с окислами, прежде чем расплавится припой; для каждого флюса существует температура его активного действия, которая несколько превышает температуру плавления флюса, но она должна быть ниже температуры плавления припоя;
- смачивать паяемый материал;
- не вызывать коррозионного влияния на соединяемые детали и припой;
- оказывать адсорбирующее действие на металл, снижая поверхностное натяжение жидкого припоя и улучшая его растекаемость по паяемой поверхности;
- не изменять своего химического состава при нагревании вследствие испарения и сублимации отдельных компонентов (не снижать активность в предусмотренном интервале температур пайки);
- по возможности не содержать дорогостоящих компонентов;
- быть устойчивым в условиях хранения, транспортирования и применения.

В зависимости от температурного интервала активности различают низкотемпературные ( $T_{пл} \leq 450 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и высокотемпературные ( $T_{пл} > 450 \text{ }^\circ\text{C}$ ) паяльные флюсы (ГОСТ 19250–73).

Составы наиболее распространенных флюсов для пайки черных и цветных металлов приведены в приложениях [10, 12, 151].

Оценку паяемости производят по литературным данным, исходя из общих представлений о процессе образования паяных соединений. Однако при выполнении проекта исследовательского направления, когда литературные данные не позволяют ответить на вопрос по паяемости материала, разрабатывается методика исследований.

При этом для оценки паяемости используют различные методы испытаний и контроля:

- метод определения смачивания материалов припоями;
- метод определения заполнения зазора припоем;
- метод определения эрозии паяемого материала;

- метод выявления и определения толщины прослойки химического соединения;
- метод определения температуры распайки;
- метод испытаний для оценки влияния жидкого припоя на механические свойства паяемого материала;
- механические испытания;
- методы неразрушающего контроля качества и другие.

Тщательный анализ на этапе определения паяемости материала позволит в дальнейшем обоснованно выбрать припой, способ активации паяемой поверхности.

После определения паяемости материала проводится описание базового технологического процесса изготовления изделия и его критический анализ. Указывается полная последовательность действий, включая входной контроль заготовок, вспомогательных материалов, подготовку поверхности изделия и припоя, особенности сборки под пайку, особенности нагрева, режимы нагрева, охлаждения, контроль готового изделия. Проводится описание используемого при этом оборудования.

По результатам критического анализа базового техпроцесса, конструктивных особенностей изделия, паяемости материала изделия формулируют задачи проекта.

Далее идут разделы записки, посвященные решению задач проекта. Они могут содержать различную информацию в зависимости от направления проекта.

В исследовательском проекте разрабатывают методику исследований. В зависимости от задач проекта она может включать перечисленные выше методы испытаний и контроля.

Затем на основании разработанной методики проводят собственно исследования, результаты которых оформляют в виде таблиц. На основании полученных данных разрабатывают операционный технологический процесс, подбирают для него оборудование. По каталогам, справочникам и литературным источникам проводят подбор стандартного оборудования из числа выпускаемого промышленностью. В пояснительной записке приводят техническую характеристику оборудования, его паспортные данные и по возможности фотографии, чертежи, схемы.

По результатам анализа теоретических данных в проекте технологического направления обосновывают выбор способа пайки по обра-

зованию припоя, выбор системы припоя и способа активации. Затем осуществляют разработку операционного технологического процесса и подбор оборудования. Производят нормирование технологического процесса по действующим нормативам базового предприятия либо расчет технических норм времени на выполнение каждой операции. Рассчитывают нормы расхода вспомогательных материалов и электроэнергии.

Режимы обработки подбирают из специализированных и теоретических источников и на основании стандартов предприятий.

В проекте конструкторского направления основными исходными данными при разработке оснастки и оборудования являются конструкция изделия, технологический процесс его изготовления, программа выпуска, условия эксплуатации оснастки и др.

Проектирование оснастки и оборудования должно производиться с учетом следующих требований:

1) по возможности следует максимально использовать унифицированные узлы, стандартные изделия (редукторы, пневмогидроцилиндры, зажимные устройства и т. д.);

2) установочные базы приспособления для сборки или фиксации при пайке должны иметь возможно лучшие параметры точности и шероховатости. Схема базирования должна обеспечивать свободную установку и съем обрабатываемого изделия;

3) приспособление не должно перекрывать свободный доступ к местам крепления деталей, обработки и контроля;

4) конструкция должна отвечать требованиям технологичности, предусматривать возможность ремонта и безопасной эксплуатации;

5) материал оснастки по возможности не должен смачиваться припоями; необходимо учитывать коэффициент термического расширения материала оснастки, предназначенной для фиксации изделий в процессе пайки;

6) внешний вид оборудования и оснастки должен удовлетворять требованиям технической эстетики и эргономики.

В пояснительной записке дается описание конструкции и принципа действия спроектированной оснастки и оборудования, проиллюстрированное чертежами, эскизами, схемами. В записке приводят расчеты основных схем или элементов спроектированной оснастки. Это могут быть расчеты усилия прижима, передаточного отношения редуктора,

габаритных размеров пневмоцилиндров, гидроцилиндров, прочности и жесткости отдельных элементов конструкции. Затем разрабатывают технологический процесс пайки изделия с использованием спроектированного оборудования, оснастки.

В заключении по проекту кратко указывают, что цель достигнута за счет решения сформулированных задач. Приводят сравнительные численные данные о технической целесообразности проекта с учетом его цели. Отражают основные выводы по проекту и рекомендации по использованию полученных результатов, а также целесообразности дальнейших работ в данном направлении.

#### 4. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект студенты защищают перед комиссией в составе трех-четырех преподавателей кафедры. Желательно присутствие руководителя проекта. Защита должна быть открытой, на ней могут присутствовать все желающие. Курсовой проект, пояснительная записка и листы графической части должны быть подписаны студентом и руководителем.

График защиты курсовых проектов должен быть разработан и вывешен за 1–2 недели до защиты.

Перед защитой листы графической части размещают перед комиссией, пояснительная записка передается комиссии. Студент в течение 5–7 минут делает доклад, в котором должны быть освещены следующие вопросы: актуальность темы курсового проекта, его цели и задачи; научно-технические, конструкторские и технологические вопросы, разработанные в проекте; заключение (выводы) по проекту.

По окончании доклада члены комиссии задают студенту вопросы по теме проекта.

Курсовой проект оценивается комиссией с учетом качества его выполнения и оформления, уровня защиты (доклад и ответы на вопросы).

После защиты проекта руководитель анализирует уровень защиты, рассматривает возможность продолжения работы в данном направлении на последующих этапах обучения, включая выпускную квалификационную работ.

## Библиографический список

1. Лашко, Н.Ф. Пайка металлов / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.
2. Лашко, Н.Ф. Пайка металлов / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.
3. Пктрунин, И.Е. Пайка металлов : учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / И.Е. Петрунин, С.Н. Лоцманов, Г.А. Николаев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Metallurgy, 1973. – 281 с.
4. Никитинский, А.М. Пайка алюминия и его сплавов / А.М. Никитинский. – М. : Машиностроение, 1983. – 190 с.
5. Есенберлин, Р.Е. Пайка и термическая обработка деталей в газовой среде и вакууме / Р.Е. Есенберлин. – Л. : Машиностроение, 1972. – 183 с.
6. Манко, Г.Г. Пайка и припои: материалы, конструкции, технология и методы расчета / Г.Г. Манко ; пер. с англ. М.Б. Тапельзона. – М. : Машиностроение, 1968. – 323 с.
7. Лоцманов, С.Н. Пайка металлов : учеб. для втузов / С.Н. Лоцманов, И.Е. Петрунин. – М. : Машиностроение, 1966. – 252 с.
8. Родин, А.И. Пайка серебряными припоями в пламени газовой горелки / А.И. Родин. – М. : Оборонгиз, 1954. – 55 с.
9. Вологдин, В.В. Пайка и наплавка при индукционном нагреве / В.В. Вологдин ; под ред. А.А. Фогеля. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Л. : Машиностроение, 1965. – 90 с.
10. Справочник по пайке / И.Е. Петрунин [и др.] ; под ред. И.Е. Петрунина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2003. – 479 с.
11. Петрунин, И.Е. Металловедение пайки / И.Е. Петрунин, И.Ю. Маркова, А.С. Екатова. – М. : Metallurgy, 1976. – 263 с.
12. Краткий справочник паяльщика / И.Е. Петрунин [и др.] ; под общ. ред. И.Е. Петрунина. – М. : Машиностроение, 1991. – 212 с.
13. Проектирование технологии пайки металлических изделий : справочник / С.В. Лашко [и др.]. – М. : Metallurgy, 1983. – 280 с.
14. Лашко, Н.Ф. Вопросы теории и технологии пайки / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1974. – 248 с.
15. Хряпин, В.Е. Справочник паяльщика / В.Е. Хряпин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1981. – 349 с.

«Утверждаю»  
Завкафедрой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на курсовое проектирование по дисциплине**

\_\_\_\_\_ (наименование дисциплины в учебном плане)

Студенту \_\_\_\_\_

1. Тема проекта \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченного проекта \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. Исходные данные к проекту \_\_\_\_\_

4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) \_\_\_\_\_

5. Примерный перечень графического и иллюстративного материала

6. Дата выдачи задания « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель курсового проекта \_\_\_\_\_ (личная подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

Задание получил \_\_\_\_\_ (личная подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*Нормативные документы по пайке*

Номер	Наименование
<b>ГОСТ</b>	
ГОСТ 1429.0–77	Припои оловянно-свинцовые. Общие требования к методам анализа
ГОСТ 1429.1–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения сурьмы
ГОСТ 1429.2–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения олова
ГОСТ 1429.3–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения железа
ГОСТ 1429.4–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения меди
ГОСТ 1429.5–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения висмута
ГОСТ 1429.6–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения серы
ГОСТ 1429.7–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения никеля
ГОСТ 1429.8–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения цинка
ГОСТ 1429.9–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения алюминия
ГОСТ 1429.10–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения мышьяка
ГОСТ 1429.11–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения кадмия
ГОСТ 1429.12–77	Припои оловянно-свинцовые. Метод определения свинца
ГОСТ 1429.13–77	Припои оловянно-свинцовые. Спектральный метод определения примесей сурьмы, меди, висмута, мышьяка, железа, никеля, цинка, алюминия с использованием синтетических градуированных образцов
ГОСТ 1429.14–77	Припои оловянно-свинцовые. Спектральный метод определения примесей сурьмы, меди, висмута, мышьяка, железа, никеля
ГОСТ 1429.15–77	Припои оловянно-свинцовые. Спектральный метод определения примесей сурьмы, меди, висмута, мышьяка, железа, свинца
ГОСТ 1499–70	Припои оловянно-свинцовые
ГОСТ 2209–90	Пластины твердосплавные напаиваемые для режущего инструмента. Технические условия
ГОСТ 7219–83	Электропаяльники бытовые. Общие технические условия
ГОСТ 16882.1–71	Серебряно-медно-фосфорные припои. Метод определения массовой доли серебра
ГОСТ 16882.2–71	Серебряно-медно-фосфорные припои. Метод определения массовой доли фосфора, свинца, железа и висмута
ГОСТ 16883.1–71	Серебряно-медно-цинковые припои. Метод определения массовой доли серебра

Номер	Наименование
ГОСТ 16883.2–71	Серебряно-медно-цинковые припои. Метод определения массовой доли меди
ГОСТ 16883.3–71	Серебряно-медно-цинковые припои. Спектральный метод определения массовой доли свинца, железа и висмута
ГОСТ 17163–90	Пластины твердосплавные напаиваемые типа 13. Конструкция и размеры
ГОСТ 17325–79	Пайка и лужение. Основные термины и определения
ГОСТ 17349–79	Пайка. Классификация и обозначения
ГОСТ 19248–90	Припои. Классификация и обозначения
ГОСТ 19249–73	Соединения паяные. Основные типы и параметры
ГОСТ 19250–73	Флюсы паяльные. Классификация
ГОСТ 19738–74	Припои серебряные. Марки
ГОСТ 19739–74	Полосы из припоев серебряных. Технические условия
ГОСТ 19746–74	Проволока из припоев серебряных
ГОСТ 20312–90	Пластины твердосплавные напаиваемые типа 51. Конструкция и размеры
ГОСТ 20485–75	Пайка. Метод определения затекания припоя в зазор
ГОСТ 20487–75	Пайка. Методы испытаний для оценки влияния жидкого припоя на механические свойства паемого материала
ГОСТ 20771–82	Коронки твердосплавные напаиваемые типа 35. Конструкция и размеры
ГОСТ 21547–76	Пайка. Метод определения распайки температуры
ГОСТ 21548–76	Пайка. Метод выявления и определения толщины прослойки химического соединения
ГОСТ 21549–76	Пайка. Метод определения эрозии паемого материала
ГОСТ 21930–76	Припои оловянно-свинцовые в чушках. Технические условия
ГОСТ 21931–76	Припои оловянно-свинцовые в изделиях. Технические условия
ГОСТ 23046–78	Соединения паяные. Методы испытаний на удар
ГОСТ 23137–78	Припои медно-цинковые. Марки
ГОСТ 23178–78	Флюсы паяльные высокотемпературные фторборатно- и боридногалогенидные. Технические условия
ГОСТ 23904–79	Пайка. Метод определения смачивания материалов припоями
ГОСТ 24167–80	Соединения паяные. Методы испытаний на изгиб
ГОСТ 24715–81	Соединения паяные. Методы контроля качества
ГОСТ 26126–84	Контроль неразрушающий. Соединения паяные. Ультразвуковые методы контроля качества
ГОСТ 26337–84	Соединения трубопроводов резьбовые. Штуцера прямые под пайку для осевого монтажа. Конструкции и размеры

Номер	Наименование
ГОСТ 26446–85	Соединения паяные. Методы испытаний на усталость
ГОСТ 28830–90	Соединения паяные. Методы испытаний на растяжения и длительную прочность
ГОСТ 29297–92	Сварка, высокотемпературная и низкотемпературная пайка, пайкосварка металлов. Перечень и условия обозначения процессов
<b>ОСТ</b>	
ОСТ 34115–74	Припои на железомарганцевой основе П-87, П-100
ОСТ 190056–72	Припои марки ПФОЦ 7-3-2
ОСТ 190082–88	Полосы припоев марок ВПр1, ВПр2, ВПр4 и ВПр7. Общие технические условия
ОСТ 251291–87	ССБТ. Пайка свинцово-оловянными припоями
ОСТ 1.41080–71	Пайка медных бортовых электропроводов. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41138–71	Пайка трубопроводов из нержавеющей стали. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41164–72	Пайка высоколегированных сталей в вакууме
ОСТ 1.41205–72	Пайка бандажей электрических машин низкотемпературными припоями. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41368–89	Пайка теплообменных аппаратов из алюминиевых сплавов в соляных ваннах. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41468–81	Ультразвуковое лужение и пайка многожильных проводов в медные наконечники. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41489–86	Пайка лопаток соплового аппарата из жаропрочных сплавов. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41584–82	Паяные соединения трубопроводов. Метод контроля ультразвуком
ОСТ 1.41657–75	Пайка теплообменников из коррозионно-стойких (нержавеющих) сталей электронным лучом. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.41794–78	Пайка трехслойных панелей с сотовым наполнителем из нержавеющей сталей. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.42173–84	ССБТ. Пайка и лужение свинцово-оловянными припоями и общие требования безопасности
ОСТ 1.80053–81	Нормативы расхода оловянно-свинцовых припоев и флюсов
ОСТ 1.80206–75	Пайка постоянных магнитов с магнитомягкими материалами. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.80315–77	Пайка печатных плат волной припоя на установке УПВ-903. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.80460–82	Металлизация и пайка деталей из керамики 22ХС. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.80465–81	Пайка электросопротивлением высокотемпературными припоями. Типовой технологический процесс

Номер	Наименование
ОСТ 1.80473–82	Пайка алюминия и его сплавов в расплавленных слоях. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.80516–83	Горячее лужение медной проволоки. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.80524–84	Пайка серебрографитных щеток с предварительной очисткой паяемой поверхности ультразвуком. Типовой технологический процесс
ОСТ 1.90056–91	Припой марки ПФОЦ 7-3-2
ОСТ 1.90208–75	Полосы припоя марок ВПр1, ВПр4, ВПр7 и ВПр8
ОСТ 5.9070–71	Швы соединений, паянных припоями, содержащими драгоценные металлы. Основные типы и конструктивные элементы
ОСТ 5.9867–81	Пайка твердосплавного инструмента. Типовой технологический процесс
ОСТ 92-1152–75	Сварка и пайка. Подготовка поверхности деталей под сварку и пайку. Обработка сборочных единиц после сварки и пайки
ОСТ 92-2301–69	Технология пайки твердосплавного инструмента

**Основные термины и определения в области пайки  
(в соответствии с ГОСТ 17325–79)**

Термины, установленные настоящим стандартом, обязательны для применения в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе.

Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин. Применение терминов-синонимов стандартизованного термина запрещается. Недопустимые к применению термины-синонимы приведены в стандарте в качестве справочных и обозначены «Ндп.».

Стандартизованные термины набраны **полужирным шрифтом**, их краткая форма – светлым, а недопустимые синонимы – *курсивом*.

Термин	Определение
<b>Общие понятия</b>	
<b>1. Пайка</b> (Ндп.: <i>Напайка, Спайка, Припайка</i> )	Образование соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, их смачивания припоем (см. п. 5 и 18), затекания припоя в зазор (см. п. 17) и последующей его кристаллизации
<b>2. Лужение</b> (Ндп.: <i>Облуживание</i> )	Образование на поверхности материала металлического слоя путем плавления припоя, смачивания припоем поверхности и последующей его кристаллизации
<b>3. Паяное соединение</b>	Соединение, образованное пайкой
<b>4. Паяемый материал</b>	Основной материал заготовок или изделий, соединяемых пайкой или подвергаемых лужению. Примечание. Основной материал и заготовка – по ГОСТ 3.1109–82
<b>5. Припой</b>	Материал для пайки и лужения с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов
<b>6. Вспомогательный материал</b>	По ГОСТ 3.1109–82 Примечание. К вспомогательным материалам относятся паяльные флюсы, вещества, ограничивающие растекание припоя, и т. п.
<b>7. Паяльный флюс</b>	Вспомогательный материал, применяемый для удаления окислов с поверхности паяемого материала и припоя и предотвращения их образования. Примечание. Флюс может участвовать в образовании припоя путем выделения из него компонентов, разлагающихся при пайке металла

Термин	Определение
<b>8. Полууда</b>	Металлический слой на поверхности материала, образованный при лужении
<b>9. Технологическое покрытие</b>	Металлическое покрытие на паяемом материале, применяемое для защиты его от окисления при нагреве, участвующее в контактном плавлении и растворяющееся в расплавленном припое
<b>10. Барьерное покрытие</b>	Металлическое покрытие на паяемом материале, применяемое для предотвращения контакта материала с припоем или растекания припоя (см. п. 16) на поверхность, не подлежащую пайке (лужению), и не растворяющееся или частично растворяющееся в расплавленном припое
<b>11. Распайка</b> (Ндп.: <i>Распай, Распаивание</i> )	Разъединение паяного соединения при нагреве его выше температуры начала плавления материала паяного шва (см. п. 97)
<b>12. Подпайка</b>	Повторный нагрев паяного соединения и введение новой порции припоя с целью устранения дефектов
<b>13. Перепайка</b>	Распайка и повторная пайка
<b>14. Сборочный зазор под пайку</b> Сборочный зазор	Зазор между поверхностями паяемых заготовок или изделий, устанавливаемый при сборке
<b>15. Паяльный зазор</b>	Зазор между поверхностями паяемых заготовок или изделий, образующийся в момент заполнения его припоем
<b>16. Растекание припоя</b> Растекание	Распространение расплавленного припоя на поверхности паяемого материала
<b>17. Затекание припоя в зазор</b> Затекание	Заполнение расплавленным припоем паяльного зазора
<b>18. Смачивание припоем</b> Смачивание	Физико-химическое взаимодействие расплавленного припоя с паяемым материалом, проявляющееся в растекании припоя или образовании мениска с конечным краевым углом смачивания (см. п. 24)
<b>19. Десмачивание паяемого материала</b> Десмачивание	Увеличение краевого угла смачивания или уменьшение площади растекания припоя (см. п. 23) при пайке или лужении по сравнению с их первоначально достигнутыми значениями. <i>Примечания</i> 1. Десмачивание является следствием химического взаимодействия расплавленного припоя с паяемым материалом и изменения во времени их поверхностного натяжения.

Термин	Определение
	2. Под поверхностным натяжением понимают силу, действующую на единицу длины контура поверхности и стремящуюся сократить поверхность до минимума при заданных объемах фаз
<b>20. Контактно-реактивное плавление</b>	Плавление паяемых материалов в контакте между собой, или с технологическим покрытием, или с металлической прокладкой при температуре ниже температуры плавления наиболее легкоплавкого из них
<b>21. Паяемость</b>	Свойство материала образовывать паяное соединение при заданном режиме пайки (см. п. 22)
<b>Режим и показатели пайки</b>	
<b>22. Режим пайки</b>	Совокупность параметров и условий, при которых осуществляется пайка. <i>Примечания</i> 1. Под параметрами понимают температуру пайки, время выдержки при этой температуре, скорость нагрева и охлаждения. 2. Под условиями понимают способ нагрева, припой, флюс (газовую среду), давление на соединяемые заготовки и т. п.
<b>23. Площадь растекания припоя</b>	—
<b>24. Краевой угол смачивания припоем</b> Краевой угол	Двугранный угол между плоскостью, касательной к поверхности припоя у границы смачивания, и смоченной припоем плоской поверхностью паяемого материала. <i>Примечания</i> 1. Различают равновесный краевой угол, определенный в равновесной системе «паяемый материал – припой», и неравновесный краевой угол, определенный в состоянии указанной системы, отличном от равновесного. 2. Под равновесной системой понимают систему, в которой контактирующие фазы – твердая и жидкая – находятся в условиях термодинамического равновесия
<b>25. Температура смачивания припоем</b> Температура смачивания	Минимальная температура паяемого материала и припоя, при которой происходит смачивание припоем
<b>26. Температура пайки</b>	Температура паяемых материалов и расплавленного припоя в месте их контакта, при которой происходит формирование паяного соединения

Термин	Определение
<b>27. Термический цикл пайки</b>	Совокупность значений температуры паяемых материалов и припоя в месте их контакта, при которых происходит нагрев, выдержка и охлаждение при пайке
<b>28. Температурный интервал активности паяльного флюса</b>	Интервал температур, в котором паяльный флюс выполняет свои функции
<b>29. Минимальная температура активности паяльного флюса</b>	Минимальная температура в температурном интервале активного флюса
<b>30. Максимальная температура активности паяльного флюса</b>	Максимальная температура в температурном интервале активного флюса
<b>31. Температура распайки</b>	Минимальная температура паяного соединения, при которой возможна его распайка при заданных нагрузке и скорости нагрева <i>Примечание.</i> Значение нагрузки в скорости нагрева – по ГОСТ 21547–76
<b>32. Время нагрева при пайке</b> Время нагрева	Интервал времени нагрева паяемых материалов и припоя в месте их контакта от температуры окружающей среды до температуры пайки
<b>33. Время выдержки при пайке</b> Время выдержки	Интервал времени выдержки паяемых материалов и припоя при температуре пайки
<b>34. Время охлаждения при пайке</b> Время охлаждения	Интервал времени охлаждения паяемых материалов и припоя от температуры пайки до температуры окружающей среды
<b>35. Общее время пайки</b>	Интервал времени, равный сумме времени нагрева, выдержки и охлаждения при пайке
<b>36. Скорость смачивания припоем по краевому углу смачивания</b> Скорость смачивания	Отношение изменения краевого угла смачивания припоем к интервалу времени, за которое произошло изменение
<b>37. Скорость смачивания припоем по площади растекания припоя</b> Скорость растекания	Отношение изменения площади растекания припоя к интервалу времени, за которое произошло изменение
<b>38. Скорость нагрева при пайке</b> Скорость нагрева	Отношение изменения температуры в месте контакта паяемых материалов и припоя к интервалу времени, за которое произошло изменение
<b>Виды пайки и лужения</b>	
<b>39. Низкотемпературная пайка</b>	Пайка при температуре, не превышающей 723 К (450 °С)

Термин	Определение
<b>40. Высокотемпературная пайка</b>	Пайка при температуре, превышающей 723 К (450 °С)
<b>41. Пайка готовым припоем</b>	Пайка, при которой используется заранее изготовленный припой
<b>42. Пайка расплавлением полуды</b>	Пайка предварительно луженых заготовок или изделий без дополнительного введения припоя
<b>43. Контактнореактивная пайка</b>	Пайка, при которой припой образуется в результате контактно-реактивного плавления
<b>44. Реактивно-флюсовая пайка</b>	Пайка, при которой припой образуется в результате разложения компонентов флюса
<b>45. Сваркопайка</b>	Пайка разнородных материалов, при которой более легкоплавкий материал локально нагревается до температуры, превышающей температуру его плавления, и выполняет роль припоя
<b>46. Капиллярная пайка</b>	Пайка, при которой расплавленный припой заполняет паяльный зазор и удерживается в нем преимущественно поверхностным натяжением
<b>47. Некапиллярная пайка</b>	Пайка, при которой расплавленный припой заполняет паяльный зазор преимущественно под действием своего веса или прилагаемой к нему извне силы
<b>48. Пайкосварка</b>	Некапиллярная пайка, при которой соединяемым кромок заготовок придается форма, подобно разделке кромок при сварке плавлением. <i>Примечание.</i> Разделка кромок – по ГОСТ 2601–84
<b>49. Флюсовая пайка (лужение)</b>	Пайка (лужение) с применением флюса
<b>50. Бесфлюсовая пайка (лужение)</b>	Пайка (лужение), при которой для удаления окислов с поверхности паяемых материалов и припоя и предотвращения их образования применяются газовые среды, или создается вакуум, или разрушение окисной пленки осуществляется ультразвуковыми колебаниями или частицами твердого материала. <i>Примечание.</i> Вакуум – по ГОСТ 5197–85
<b>51. Пайка в активной газовой среде</b>	Бесфлюсовая пайка с применением активных газов или нейтральных газов с добавкой активных газообразных веществ
<b>52. Пайка в нейтральной газовой среде</b>	Бесфлюсовая пайка с применением инертного газа или газа, нейтрального по отношению к паяемым материалам и припою в диапазоне температур нагрева, выдержки и охлаждения
<b>53. Пайка в вакууме</b>	Бесфлюсовая пайка с применением разреженного газа при давлении ниже $10^5$ Па. <i>Примечание.</i> Разреженный газ – по ГОСТ 5197–85

Термин	Определение
<b>54. Ультразвуковая пайка (лужение)</b>	Бесфлюсовая пайка (лужение) с применением ультразвуковых колебаний
<b>55. Абразивное лужение</b>	Бесфлюсовое лужение методом трения паяемого материала абразивными, погруженными в припой частицами
<b>56. Абразивно-кристаллическое лужение</b>	Абразивное лужение, при котором частицами твердого материала являются первичные кристаллы припоя
<b>57. Абразивно-кавитационное лужение</b>	Ультразвуковое лужение припоем, содержащим частицы твердого материала
<b>58. Пайка паяльником</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется паяльником
<b>59. Газопламенная пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется газовой горелкой
<b>60. Пайка в печи</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется в печи
<b>61. Индукционная пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется теплом, возникающим в них под воздействием электромагнитного поля
<b>62. Пайка погружением в расплавленный припой</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов осуществляют в ванне с расплавленным припоем
<b>63. Пайка погружением в расплавленную соль</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется в ванне с расплавленной солью. <i>Примечание.</i> Расплавленная соль может быть одновременно паяльным флюсом
<b>64. Пайка волной припоя</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов, перемещаемых над ванной, и подача припоя к месту соединения осуществляются стоячей волной припоя, возбуждаемой в ванне. <i>Примечание.</i> Под стоячей волной понимают состояние среды, при котором расположение максимумов и минимумов перемещений колеблющихся точек среды не меняется во времени
<b>65. Экзотермическая пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется за счет теплоты, выделяемой при экзотермической реакции термитных смесей
<b>66. Пайка нагретым газом</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется нагретым газом
<b>67. Дуговая пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется электрической дугой
<b>68. Плазменная пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется плазмой

Термин	Определение
<b>69. Электронно-лучевая пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется электронным лучом
<b>70. Пайка тлеющим разрядом</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется тлеющим разрядом
<b>71. Пайка электросопротивлением</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется пропусканием через них электрического тока
<b>72. Пайка световыми лучами</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется световыми лучами
<b>73. Пайка инфракрасными лучами</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется инфракрасными лучами
<b>74. Лазерная пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется лазером (излучением оптического квантового генератора)
<b>75. Пайка нагретыми блоками</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется контактирующими с ними нагретыми массивными телами
<b>76. Пайка нагревательными матами</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется тепловыделяющими элементами, вмонтированными в термостойкие гибкие покрывала
<b>77. Электролитная пайка</b>	Пайка, при которой нагрев паяемых материалов и припоя осуществляется при их контакте с водным электролитом пропусканием постоянного электрического тока
<b>78. Диффузионная пайка</b>	Пайка, при которой образование паяного соединения совмещено с изотермической обработкой. <i>Примечание.</i> Изотермическая обработка обуславливает прохождение диффузии с целью направленного изменения свойств паяного соединения, в том числе кристаллизации металла шва при температуре пайки
<b>79. Пайка под давлением</b>	Пайка, при которой паяемые материалы находятся под давлением с целью уменьшения паяльного зазора
<b>80. Ступенчатая пайка</b>	Пайка многошовных заготовок или изделий с поочередным образованием паяных швов, при которой не происходит распайка или образование дефектов образованных ранее соединений
<b>81. Оплавление полуды</b>	Нагрев луженой заготовки выше температуры плавления полуды с целью повышения ее качества
<b>82. Одновременная пайка</b>	Пайка многошовных заготовок или изделий с одновременным образованием паяных швов на всем их протяжении

Термин	Определение
<b>83. Групповая пайка</b>	Одновременная пайка нескольких заготовок или изделий
<b>84. Механизированная пайка (лужение)</b>	Пайка (лужение), осуществляемая по механизированному методу выполнения технологического процесса. <i>Примечание.</i> Механизированный метод выполнения технологического процесса – по ГОСТ 23004–78
<b>85. Автоматическая пайка (лужение)</b>	Пайка (лужение), осуществляемая по автоматическому методу выполнения технологического процесса. <i>Примечание.</i> Автоматический метод выполнения технологического процесса – по ГОСТ 23004–78
<b>Паяные соединения и их параметры</b>	
<b>86. Тип паяного соединения</b>	Классификационная группировка паяных соединений, выделенная по признаку взаимного расположения и формы паяемых элементов. <i>Примечание.</i> Под паяемым элементом понимают часть заготовки или изделия, подвергаемую пайке
<b>87. Характерное сечение паяного соединения</b>	Сечение паяного соединения, по которому выявляют его тип
<b>88. Нахлесточное паяное соединение</b>	Паяное соединение, в котором паяемые элементы соединены частично перекрывающимися, взаимно параллельными поверхностями
<b>89. Телескопическое паяное соединение</b>	Нахлесточное паяное соединение труб или трубы с прутком
<b>90. Стыковое паяное соединение</b> (Ндп.: <i>Паяное соединение встык</i> )	Паяное соединение, в котором паяемые элементы, расположенные в одной плоскости или на одной поверхности, соединены торцевыми поверхностями
<b>91. Косостыковое паяное соединение</b> (Ндп.: <i>Паяное соединение вскос</i> )	Стыковое паяное соединение, в котором углы между торцевыми и боковыми поверхностями элементов отличны от прямого
<b>92. Тавровое паяное соединение</b> (Ндп.: <i>Паяное соединение втавр</i> )	Паяное соединение, в котором боковая поверхность одного паяного элемента соединена с торцом другого или с его внутренней поверхностью, образованной в пересечении с первым
<b>93. Соприкасающееся паяное соединение</b>	Паяное соединение, в котором паяемые элементы соединены по линии или в точке
<b>94. Комбинированное паяное соединение</b>	Паяное соединение, представляющее различные комбинации паяных соединений: нахлесточного, стыкового, косостыкового, таврового, телескопического, соприкасающегося

Термин	Определение
<b>95. Согласованное паяное соединение</b>	Паяное соединение, образованное при пайке материалов с одинаковым или близким относительным изменением их линейных размеров при охлаждении
<b>96. Несогласованное паяное соединение</b>	Паяное соединение, образованное при пайке материалов с резко отличающимся относительным изменением их линейных размеров при охлаждении
<b>97. Паяный шов</b>	Часть паяного соединения, закристаллизовавшаяся при пайке
<b>98. Зона сплавления</b> Спай	Поверхность между паемым материалом и паяным швом или граница между ними в сечении паяного соединения
<b>99. Диффузионная зона</b>	Часть паяного соединения с измененным химическим составом паемого материала в результате взаимной диффузии компонентов припоя и паемого материала
<b>100. Зона термического влияния</b>	Часть паяного соединения с измененными под влиянием нагрева при пайке структурой и свойствами паемого материала
<b>101. Толщина паяного шва</b>	Расстояние между соединенными пайкой поверхностями по перпендикуляру к ним
<b>102. Длина паяного шва</b>	Протяженность паяного шва вдоль перпендикуляра к плоскости характерного сечения
<b>103. Ширина паяного шва</b>	Протяженность паяного шва в характерном сечении паяного соединения
<b>104. Галтельный участок паяного шва</b> Галтель паяного шва	Часть паяного шва, образовавшаяся на наружных поверхностях паемых элементов
<i>Дефекты паяных соединений</i>	
<b>105. Непропай</b>	Дефект паяного соединения, проявляющийся в частичном или полном незаполнении паяльного зазора припоем
<b>106. Неспай</b>	Дефект паяного соединения, проявляющийся в отсутствии сцепления паемого материала с материалом паяного шва
<b>107. Общая химическая эрозия при пайке</b> Общая эрозия	Дефект паяного соединения, проявляющийся в разрушении паемого материала при пайке, развивающемся равномерно по всей поверхности его контакта с припоем
<b>108. Локальная химическая эрозия при пайке</b> Локальная эрозия	Дефект паяного соединения, проявляющийся в разрушении паемого материала при пайке, развивающемся в отдельных участках его контакта с расплавленным припоем

Термин	Определение
<b>109. Подрез при пайке</b> Подрез	Дефект паяного соединения, проявляющийся в виде незаполненного припоем углубления в паяемом материале у галтельного участка, образовавшегося вследствие локальной химической эрозии
<b>110. Паяльные остаточные напряжения</b>	Остаточные напряжения, имеющиеся в паяном соединении после охлаждения. <i>Примечание.</i> Под остаточными напряжениями понимают напряжения, остающиеся в паяном соединении после устранения факторов, которые вызвали в нем пластическую деформацию: механических, термических, химических
<b>Припой</b>	
<b>111. Многослойный припой</b>	Припой в виде слоев металлов или сплавов, образующих при температуре пайки сплав заданного состава
<b>112. Порошковый припой</b>	Припой в виде порошка или смесь порошков металлов или сплавов, образующая при температуре пайки припой заданного состава
<b>113. Композиционный припой</b> (Ндп.: <i>Металлокерамический припой</i> )	Припой, содержащий в своем объеме наполнитель. <i>Примечание.</i> Под наполнителем понимают материал, применяемый для образования в паяльном зазоре системы капилляров или обеспечения специальных свойств соединения
<b>114. Формованный припой</b>	Припой в виде заготовки заданной формы
<b>115. Самофлюсующий припой</b>	Припой, обладающий свойствами флюса
<b>116. Трубочатый припой</b>	Припой в форме трубки или многоканального прутка, полости в котором заполнены флюсом или компонентами припоя
<b>117. Паяльная паста</b>	Пастообразная смесь порошкового припоя с флюсом и связующим веществом или с одним из них. <i>Примечание.</i> Под связующим веществом понимают вещество, входящее в паяльную пасту для образования связи между частицами припоя

Пример оформления листа «Технологический процесс»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПАЙКИ ПРОВОДА ОБМОТОЧНОГО (БАЗОВЫЙ)				
Наименование операции	Содержание перехода и режимы обработки	Эскиз операции	Оборудование, приспособления, инструмент	Вспомогательные материалы
1. Подготовка	1.1. Зачистить концы поемых элементов от изоляции на длине 50-200 мм.		Нож монтажный, шпильки-локаторы.	Бумага абразивная, ацетон, Ветпаль
2. Сборка отвода	2.1. Собрать отвод из шин 2.2. Зачистить шины электродами клещей для нагрева		Клещи для электроинтактного нагрева	Рукавицы защитные, графитовые электроды
3. Пайка отвода	3.1. Гресть периодически включая и выключая ток с помощью ножной педалью до температуры 800-850 °С температуру контролировать визуально. 3.2. Нанести флюс, обестычить растекание флюса 3.3. Припой вложить в соединение сначала с одной стороны, до полного заполнения и появления припоя на противоположной стороне соединения, затем, при необходимости, нанести припой по всему периметру соединения 3.4. Отключить ток, охладить до температуры 200-300 °С, разжать клещи		Клещи для электроинтактного нагрева, кисточка	Припой ПР15 ГОСТ 49738-79, флюс ФК30, рукавицы защитные графитовые электроды

*Пример оформления листа «Выбор припоя»*

<p align="center"><b>ВЫБОР ПРИПОЯ ДЛЯ ПАЙКИ ПРОВОДА ОБМОТОЧНОГО</b>  <b>Возможные системы припоев для пайки данного изделия</b></p>			
N п/п	СИСТЕМА ПРИПОЯ	ДОСТОИНСТВА	НЕДОСТАТКИ
1	Оловянные припои 200-300°C Sn-Zn, Sn-Ag-Sb, Sn-Ag-Zn	Низкая температура пайки Высокая коррозионная стойкость Не содержат дорогостоящих компонентов	Низкая прочность соединения Низкая температура эксплуатации Высокое электропротравливание
2	Серебряные припои 650-850°C Ag-Cu, Ag-Cu-Zn, Ag-Cu-P	Отличные технологические характеристики (смазывание, растекаемость) Низкая температура пайки Низкое электропротравливание	Высокая стоимость и дефицит серебра

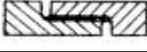
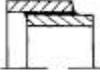
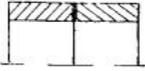
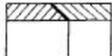
<p align="center"><b>Сравнительная оценка характеристик припоев</b></p>						
N п/п	Система припоя	Цена	Электропробивность	Технологические характеристики	Прочность	Сумма баллов
1	Оловянные припои	+8	+2	+5	-3	+12
2	Серебряные припои	-10	+8	+6	+3	+7

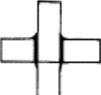
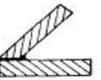
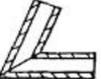
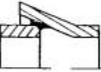
Критерии оценки припоя, баллы: цена + -10;  
электропробивность + -8; прочность + -3;  
технологические характеристики + -6

**Основные типы и параметры паяных соединений  
(в соответствии с ГОСТ 19249–73)**

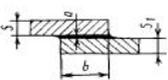
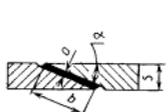
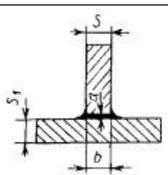
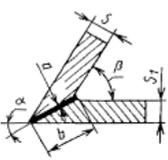
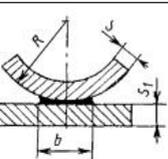
Таблица 1

Основные типы паяных соединений и их условные обозначения

Тип паяного соединения	Характерное сечение паяного соединения	Условное обозначение соединения
Нахлесточный		ПН-1
		ПН-2
		ПН-3
Телескопический		ПН-4
		ПН-5
		ПН-6
Стыковой		ПВ-1
		ПВ-2
Косостыковой		ПВ-3
		ПВ-4
Тавровый		ПТ-1
		ПТ-2

Тип паяного соединения	Характерное сечение паяного соединения	Условное обозначение соединения
		ПТ-3
		ПТ-4
Угловой		ПУ-1
		ПУ-2
		ПУ-3
Соприкасающийся		ПС-1
		ПС-2
		ПС-3
		ПС-4
		ПС-5

Параметры конструктивных элементов паяных швов  
и их условные обозначения

Тип соединения	Конструктивные элементы паяных швов	Наименование конструктивных элементов и их буквенное обозначение	
Нахлесточный телескопический		Толщина основного материала	$S$
		Толщина шва	$a$
		Ширина шва	$b$
Стыковой		Толщина основного материала	$S$
		Толщина шва	$a$
		Ширина шва	$b$
Косостыковой		Толщина основного материала	$S$
		Толщина шва	$a$
		Ширина шва	$b$
		Угол скоса	$\alpha$
Тавровый		Толщина основного материала	$S$
		Толщина шва	$a$
		Ширина шва	$b$
Угловой		Толщина основного материала	$S$
		Толщина шва	$a$
		Ширина шва	$b$
		Угол соединения деталей	$\beta$
		Угол скоса	$\alpha$
Соприкасающийся		Толщина основного материала	$S$
		Радиус кривизны паяемой детали	$R$
		Ширина шва	$b$

Толщина шва  $a$  определяется величиной сборочного зазора и физико-химическими свойствами паяемого материала и припоя. Величины сборочных зазоров для наиболее распространенных сочетаний «паяемый материал – припой» приведены в табл. 3.

Величины сборочных зазоров для наиболее распространенных сочетаний «паяемый материал – припой»

Наименование припоя	Наименование паяемого материала				
	Медь	Медные сплавы	Сталь углеродистая и низколегированная	Сталь нержавеющая	Алюминий и алюминиевые сплавы
Оловянно-свинцовый	0,07–0,20	0,07–0,20	0,05–0,50	0,20–0,75	0,05–0,15
Медный	–	0,04–0,20	0,001–0,05	0,01–0,10	–
Медно-цинковый	0,04–0,20	0,04–0,20	0,05–0,25	0,02–0,12	–
Медно-фосфористый	0,04–0,20	0,04–0,20	–	–	–
Серебряно-медно-фосфористый	0,02–0,15	0,02–0,15	–	–	–
Серебряный	0,04–0,25	0,04–0,25	0,02–0,15	0,05–0,10	–
Алюминиевый	–	–	–	–	0,12–0,25
Цинковый	–	–	–	–	0,10–0,25

Величина нахлестки определяется механическими свойствами паяемого материала, паяного шва и требованиями, предъявляемыми к конструкции. Толщина паяемого материала  $S$  устанавливается при проектировании паяной конструкции.

Условные изображения и обозначения паяных швов на чертеже – по ГОСТ 2.313–68.

В соединениях, получаемых пайкой, место соединения элементов следует изображать сплошной линией толщиной  $2s$  (рис. 1.1).

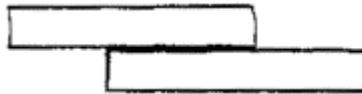


Рис. 1.1. Изображение паяного соединения

Для обозначения паяного соединения следует применять условный знак, который наносят на линии-выноске сплошной основной линией:  $\zeta$  – для пайки.

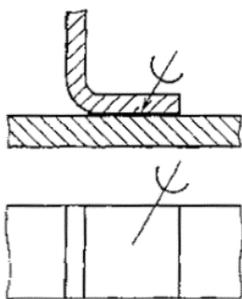


Рис. 1.2. Пример обозначения паяного шва

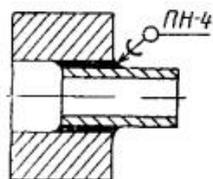


Рис. 1.3. Пример условного обозначения паяного шва

На стадии эскизного и технического проектов условное обозначение типа паяного соединения проставляют над полкой линии-выноски (рис. 1.3).

Швы, выполняемые по замкнутой линии, следует обозначать окружностью диаметром от 3 до 5 мм, выполняемой тонкой линией (рис. 1.4).

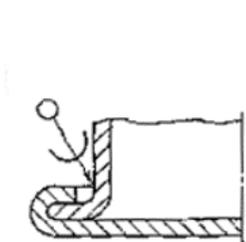


Рис. 1.4. Обозначение «замкнутого» шва

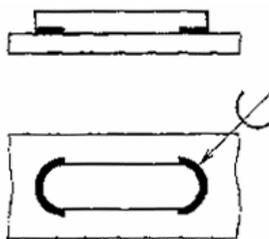


Рис. 1.5. Обозначение прерывистых швов

Швы, ограниченные определенным участком, следует обозначать, как показано на рис. 1.5.

На изображении паяного соединения при необходимости следует указывать размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

Обозначение припоя по соответствующему стандарту или техническим условиям следует приводить в технических требованиях чертежа записью по типу:

«ПОС 40 ГОСТ...».

При необходимости в том же пункте технических требований следует приводить требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта

следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва.

При выполнении швов припоями различных марок всем швам, выполняемым одним и тем же материалом, следует присваивать один порядковый номер, который следует наносить на линии-выноске. При этом в технических требованиях материал следует указывать записью по типу:

«ПОС 4 ГОСТ... (№ 1), ПМЦ 36 ГОСТ... (№ 2)».

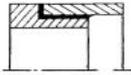
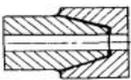
Форма и конструктивные элементы швов паяных соединений, которые являются комбинацией основных типов (табл. 4), должны быть вычерчены с указанием размеров. Допускается не вычерчивать форму и конструктивные элементы швов комбинированных паяных соединений на электромонтажных чертежах.

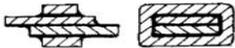
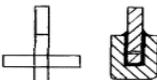
Условные обозначения швов паяных соединений, применяемые при переписке и в документации, кроме рабочих чертежей, должны состоять:

- а) из буквенно-цифрового обозначения типа паяного соединения (по табл. 1);
- б) размеров сечения и длины шва.

Таблица 4

Примеры комбинированных паяных соединений и их условных обозначений

Характерное сечение паяного соединения	Условное обозначение соединения
	ПН-2; ПВ-1
	ПН-5; ПВ-2
	2ПН-3; 3ПВ-1
	2ПВ-3
	ПВ-2; ПВ-4
	ПВ-1; 2ПН-1

Характерное сечение паяного соединения	Условное обозначение соединения
	ПВ-2; 2ПН-4
	ПТ-1; 2ПВ-1
	$n$ ПВ-4, где $n$ – число витков
	ПН-1; 4ПН-2
	ПТ-2; ПВ-1
	3ПН-2; 2ПВ-1
	2ПН-2; 2ПВ-1
	6ПН-2; 4ПВ-1; ПС-1

Пример условного обозначения паяного шва типа нахлесточный ПН-1, толщиной 0,05 мм, шириной 10 мм и длиной шва 150 мм:

*ПН-1 0,05×10×150 ГОСТ 19249–73*

Буквенно-цифровые обозначения швов комбинированных паяных соединений состоят из буквенно-цифровых обозначений основных типов, например:

*ПН-2 0,01×12×100 ПВ-1 0,02×5×100 ГОСТ 19249–73*

**Обозначение и классификация припоев**  
(в соответствии с ГОСТ 19248–90 (ИСО 3677–76, СТ СЭВ 6733–89))

**1. Классификация**

1.1. Классификация припоев устанавливается по следующим признакам:

- степени плавления при пайке;
- температуре расплавления;
- способу образования;
- основному компоненту;
- способности к флюсованию;
- способу изготовления;
- виду полуфабриката.

1.2. По степени плавления при пайке припой подразделяют:

- на расплавляемые;
- частично расплавляемые, в том числе композиционные (применяемые при металлокерамической пайке).

1.3. По температуре расплавления припой подразделяют:

1) на припой для низкотемпературной пайки с температурой плавления не более 450 °С:

- особолегкоплавкие ( $\leq 145$  °С),
- легкоплавкие ( $> 145 \leq 450$  °С);

2) припой для высокотемпературной пайки с температурой плавления более 450 °С:

- среднеплавкие ( $> 450 \leq 1100$  °С),
- высокоплавкие ( $> 1100 \leq 1850$  °С),
- тугоплавкие ( $> 1850$  °С).

1.4. По способу образования припой подразделяют на:

- готовые, в том числе электрохимические (гальванические) и термовакуумные;
- образующиеся при пайке (контактно-реактивные и реактивно-флюсовые).

### 1.5. По основному компоненту припои подразделяют:

- |                              |                |                 |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| – на галлиевые;              | – свинцовые;   | – марганцевые;  |
| – индиевые;                  | – цинковые;    | – золотые;      |
| – висмутовые;                | – алюминиевые; | – палладиевые;  |
| – оловянно-свинцовые;        | – германиевые; | – платиновые;   |
| – оловянные;                 | – магниевые;   | – титановые;    |
| – кадмиевые;                 | – серебряные;  | – железные;     |
| – медные;                    | – кобальтовые; | – циркониевые;  |
| – медно-цинковые (латунные); | – никелевые;   | – ниобиевые;    |
|                              | – ванадиевые;  | – молибденовые. |

### 1.6. По способности к флюсованию припои подразделяют:

- на флюсуемые;
- самофлюсующие.

### 1.7. По способу изготовления припои подразделяют:

- |             |                 |                  |
|-------------|-----------------|------------------|
| – на литые; | – измельченные; | – штампованные;  |
| – тянутые;  | – спеченные;    | – плакированные; |
| – катаные;  | – прессованные; | – многослойные.  |

### 1.8. По виду полуфабриката припои подразделяют:

- |                |                      |               |
|----------------|----------------------|---------------|
| – на листовые; | – пастообразные;     | – прутковые;  |
| – ленточные;   | – проволочные;       | – фасонные;   |
| – трубчатые;   | – таблетизированные; | – порошковые. |
| – формованные; |                      |               |

## 2. Обозначение

2.1. Обозначение припоев состоит из трех частей.

2.2. Первая часть содержит букву В, означающую припой.

2.3. Вторая часть содержит группу символов – химических элементов припоя.

2.3.1. Первым в группе символов указывают основной элемент припоя, определяющий его основные свойства. Затем указывают численное значение его массовой доли в процентах. Массовую долю остальных элементов не указывают. Точность указания массовой доли элемента  $\pm 0,5\%$  абсолютной величины или  $\pm 1\%$  относительной величины.

2.3.2. Остальные химические символы указывают в порядке убывания массовой доли элементов. В случае если в припое два или более элементов имеют одну и ту же массовую долю, их указывают в порядке понижения атомного номера.

2.3.3. Элементы припоя, массовая доля которых составляет меньше 2%, не указывают, кроме элементов, оказывающих существенное влияние на свойства припоя, драгоценных и редких металлов, если они не являются примесями.

2.3.4. В обозначении указывают не более шести химических элементов.

2.4. Третья часть содержит значение температуры начала и конца плавления припоя. Для эвтектических сплавов указывают только температуру плавления.

*Примечание.* Точность указания температур  $\pm 0,5\%$  для припоев, применяемых при высокотемпературной пайке, и  $\pm 2\%$  – при низкотемпературной пайке.

#### ***Примеры условных обозначений припоев***

Эвтектический припой, содержащий 72% серебра (основной элемент) и 28% меди, с температурой плавления 780 °С:

В Ag 72 Cu 780.

Припой, содержащий 63% никеля (основной элемент); 16% вольфрама; 10% хрома; 3,8% железа; 3,2% кремния; 2,5% бора; 0,5% углерода; 0,6% фосфора; 0,1% марганца и 0,2% кобальта с температурой начала плавления 970 °С и конца плавления 1105 °С:

В Ni 63 W Cr Fe Si B 970-1105.

Припой, содержащий 25% олова (основной элемент); 73% свинца и 2% сурьмы с температурой начала плавления 185 °С и конца плавления 260 °С:

В Sn 25 Pb Sb 185-260.

**Прочность паяных соединений**

Прочность соединений встык определяется по формуле

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq \sigma_p^{\perp}, \quad (1)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения паяемого элемента;  $\sigma_p^{\perp}$  – предел прочности паяного шва при растяжении (или сжатии).

Прочность косых швов можно рассчитать по аналогичной формуле

$$\sigma = \frac{N}{F'} \leq \tau_{cp}^{\perp}, \quad (2)$$

где  $F'$  – площадь шва;  $\tau_{cp}^{\perp}$  – предел прочности паяного стыкового шва при срезе.

Соединения внахлестку при пайке обеспечивают равнопрочность соединения и паяемого материала. Длину нахлестки находят из уравнений

$$\sigma_p \cdot F = \tau_{cp}^{\perp} \cdot b \cdot L, \quad (3)$$

где  $\tau_{cp}^{\perp}$  – предел прочности при срезе паяных внахлестку швов;  $b$  – ширина соединяемых элементов;  $L$  – протяженность паяного шва:

$$L = \frac{F \cdot \sigma_p}{b \cdot \tau_{cp}^{\perp}}, \quad (4)$$

На рис. 1.6 приведены зависимости прочности паяных соединений из разных марок сталей от длины нахлестки. Пайка производилась медно-цинковым припоем Л63.

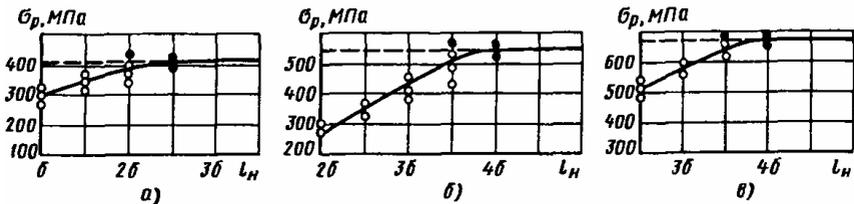


Рис. 1.6. Прочность стальных паяных соединений внахлестку в зависимости от длины нахлестки, сталь: а – СтЗсп, б – 10ХСНД, в – 30ХГСА

В соединениях полос с элементами уголкового профиля протяженность шва зависит от соотношений толщин сочленяемых элементов.

В телескопических трубчатых конструкциях длина нахлестки при растягивающих силах определяется из соотношения

$$L = \frac{F \cdot \sigma_p}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \tau_{cp}}, \quad (5)$$

где  $R$  – радиус трубы.

Паяные швы в соединениях *штавр* редко работают на растяжение, чаще – на срез в конструкциях, испытывающих изгибающие моменты. Напряжение среза:

$$\tau_{cp} = \frac{Q \cdot S}{J \cdot \delta}, \quad (6)$$

где  $Q$  – поперечная сила в элементе, испытывающем поперечный изгиб;  $J$  – момент инерции всего сечения;  $\delta$  – толщина вертикального листа, равная протяженности шва;  $S$  – статический момент площади пояса относительно центра тяжести сечения.

В большинстве случаев напряжения среза в поясных швах при поперечном изгибе незначительны и намного ниже допускаемых при срезе.

**Методы контроля качества паяных соединений  
(в соответствии с ГОСТ 24715–81)**

Настоящий стандарт распространяется на основные типы паяных соединений, выполненных по ГОСТ 19249–73 всеми способами пайки.

Стандарт устанавливает методы контроля качества паяных соединений с целью обнаружения поверхностных, внутренних и сквозных дефектов, указанных в табл. 1.

Выбор метода или комплекса методов контроля (табл. 2, 3, 4, 5) для обнаружения дефектов паяных соединений следует проводить в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству паяных соединений стандартами, техническими условиями и чертежами, утвержденными в установленном порядке, и с учетом размеров фактически выявляемых дефектов и производительности методов контроля.

Допускается использование других методов контроля качества паяных соединений при условии обеспечения чувствительности, гарантирующей выявление дефектов, недопустимых по требованиям технической документации на данное изделие, утвержденной в установленном порядке.

Таблица 1

Дефекты паяных соединений

Поверхностные дефекты	Внутренние дефекты	Сквозные дефекты
Поверхностное окисление, поверхностная пора, подрез и выходящие на поверхность непропай, неспай, общая и локальная эрозии	Непропай, неспай, трещина, внутренняя пора, усадочная раковина, шлаковое включение, флюсовое включение, металлическое включение, неметаллическое включение, общая и локальная эрозии, паяльные остаточные напряжения, дефекты структуры паяного соединения (отклонения структуры от заданной техническими условиями)	Непропай, неспай, общая и локальная эрозии, сочетание наружных и внутренних дефектов, приводящее к течи

*Примечание.* Неспай, паяльные остаточные напряжения, общая и локальная эрозии, дефекты структуры паяного соединения выявляют методами разрушающего контроля (табл. 5).

Методы контроля конкретных паяных соединений должны быть указаны в технической документации на изготовление, приемку и эксплуатацию изделий.

Для проверки механических свойств образцы паяных соединений подвергаются испытаниям на удар по ГОСТ 23046–78, на растяжение по ГОСТ 23047–78 и на изгиб по ГОСТ 24167–80.

Технология контроля паяных соединений должна быть установлена технической документацией, разработанной в соответствии с ГОСТ 3.1102–74 и ГОСТ 3.1502–74.

### Методы неразрушающего контроля для обнаружения поверхностных дефектов

Вид контроля	Метод контроля	Характеристика метода		Область применения
		Чувствительность (минимальные размеры выявляемых дефектов)	Особенности метода	
Оптический	Визуальный Визуально-оптический	По ГОСТ 23479–79	Для обнаружения мелких дефектов величиной менее 0,1 мм используют оптические приборы с увеличением до 30×. Подготовка и проведение контроля по 23479–79	Соединения, имеющие доступные для осмотра поверхности
Проницающими веществами – капиллярный	Цветной Люминесцентный Люминесцентно-цветной	По ГОСТ 18442–80	Достоверность метода зависит от шероховатости контролируемой поверхности паяного соединения. Проведение контроля по ГОСТ 18442–80	Соединения, имеющие поверхности, доступные для нанесения пенетрантов и контроля
Вихретоковый	Трансформаторный Параметрический	Дефекты с раскрытием 0,0005–0,001 мм и глубиной $\geq 0,2$ мм	Параметр шероховатости поверхности контролируемых соединений $Rz \leq 40$ мкм. Одновременно с поверхностными дефектами выявляют дефекты, расположенные на глубине до 2 мм от поверхности	Соединения, имеющие поверхности, доступные для преобразователей дефектоскопов

*Примечание.* Размеры фактически выявляемых дефектов зависят от технических характеристик применяемых средств контроля, конструктивных особенностей изделий и технологии изготовления.

Методы неразрушающего контроля для обнаружения  
внутренних дефектов

Вид контроля	Метод контроля	Характеристика метода		Область применения
		Чувствительность (минимальные размеры выявляемых дефектов)	Особенности метода	
Радиационный	радиографический	2–5% от суммарной просвечиваемой толщины материала	Чувствительность зависит от толщины и марок соединяемых материалов и припоев. Необходима биологическая защита от ионизирующего излучения в соответствии с нормами радиационной безопасности и санитарными правилами	По ГОСТ 20426–75
	радиоскопический	3–8% от суммарной просвечиваемой толщины материала		
Акустический	отраженного излучения (эхометод) прошедшего излучения резонансный свободных колебаний акустико-эмиссионный	Дефекты площадью 1–15 мм <sup>2</sup> при толщине материала 2,5–150 мм соответственно	Выявляют дефекты типа непропаев. Определяют условные размеры дефекта, эквивалентную площадь, конфигурацию и число дефектов. Метод не гарантирует выявление одиночных пор, шлаковых и инородных включений диаметром ≤1–2 мм. Вид дефекта не определяется. Не выявляются дефекты, расположенные по глубине в мертвой зоне» дефектоскопа, а также дефекты, расположенные от отражающей поверхности на расстоянии меньшем,	Не ограничена, за исключением соединений, не имеющих доступа для ввода и приема ультразвуковых колебаний, и соединений, обладающих повышенным затуханием ультразвуковых колебаний или имеющих толщину меньше, чем мертвая зона дефектоскопа

Вид контроля	Метод контроля	Характеристика метода		Область применения
		Чувствительность (минимальные размеры выявляемых дефектов)	Особенности метода	
			чем разрешающая способность дефектоскопа	
Тепловой	теплометрический термометрический	По ГОСТ 23483–79	Выявляют дефекты типа непропаев. Необходимо создание теплового потока в направлении, перпендикулярном поверхности соединения. Подготовка и проведение контроля по ГОСТ 23483–79	Соединения, у которых толщина слоя, обращенного к приемнику излучения, не превышает 3 мм. Возможен контроль паяных соединений электронных схем и электрических цепей
Электрический	электрический	Определяется чувствительностью измерительной аппаратуры	Оценку качества производят по величине электрического сопротивления или электропроводности контролируемого участка. Вид и характер дефекта не определяются	Соединения, имеющие доступ для измерительных наконечников

*Примечания:*

1. При радиографическом и радиоскопическом контроле не обеспечивается выявление:

- любых дефектов, если их протяженность в направлении излучения меньше удвоенной чувствительности контроля, определенной по эталонам чувствительности, или если изображения дефектов совпадают с другими изображениями, затрудняющими расшифровку (изображениями посторонних деталей, острых углов изделия, резких перепадов толщин паяемых элементов и т. п.);

- трещин с раскрытием менее 0,1 мм;

- трещин, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением излучения;

- непропаев в случае, если разница между коэффициентами ослабления излучения припоем и паяемым материалом и толщина паяного шва не обеспечивают достаточного радиационного контраста.

Радиографический и радиоскопический контроль следует применять при наличии двустороннего доступа к контролируемому паяному соединению, обеспечивающего возможность установки источника и детектора излучения в соответствии со схемами контроля.

2. Размеры фактически выявляемых дефектов зависят от технических характеристик применяемых средств контроля, конструктивных особенностей изделия и технологии изготовления.

### Методы неразрушающего контроля для обнаружения сквозных дефектов в паяных соединениях

Вид контроля	Метод контроля	Характеристика метода		Область применения		
		Чувствительность (минимальные размеры выявляемых дефектов)	Особенности метода			
Проникающими веществами – течеискание	Газовые	радиоактивный	–	Порог чувствительности испытаний зависит от технических характеристик применяемых средств контроля, конструктивных особенностей контролируемых изделий и технологии контроля. Требования к выбору методов испытаний, к подготовке и проведению испытаний – по ГОСТ 24054–80	Определение герметичности изделий и (или) их элементов, а также выявление отдельных течей	
		манометрический	–			
		масс-спектрометрический	Способы вакуумной камеры, накопления при атмосферном давлении, опрессовки в камере, опрессовки замкнутых оболочек обдува $5 \cdot 10^{-11} - 5 \cdot 10^{-13}$			
		галогазовый	$10^{-7}$			
		пузырьковый	–			
		ультразвуковой	$5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$			
		катарометрический	$10^{-6}$			
		химический	–			
		инфракрасный	$10^{-6}$			
		Жидкостные	гидростатический			–
			люминесцентный (цветной)			–
			электрический			–

## Методы разрушающего контроля

Вид контроля	Метод контроля	Характеристика метода		Область применения
		Чувствительность (минимальные размеры выявляемых дефектов)	Особенности метода	
Разрушающий контроль	вскрытие	Выявляют макроскопические и микроскопические дефекты	Качество паяного соединения после вскрытия участка определяют внешним осмотром разрезанной части и по результатам металлографических, рентгеноструктурных, химических и других исследований	Обнаружение, установление вида, характера и места расположения внутренних дефектов в паяных соединениях, если для этого не применимы другие методы контроля
	технологическая проба	Выявляют макроскопические и микроскопические дефекты	Образцы паяют по действующей технологии пайки	Не ограничена

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	5
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	7
2.1. Общие требования.....	7
2.2. Содержание графической части проекта.....	8
2.3. Содержание пояснительной записки.....	9
2.4. Оформление пояснительной записки.....	10
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТА.....	14
3.1. Порядок выполнения проекта.....	14
3.2. Содержание основных разделов пояснительной записки .....	17
4. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	24
Библиографический список.....	25
Приложения....	26

Учебное издание

*Федоров Андрей Львович*  
*Краснопевцев Александр Ювенальевич*  
*Шашкин Олег Валентинович*

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАЯНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О.И. Елисеева*  
Технический редактор *З.М. Малявина*  
Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*  
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 09.07.2013. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 3,6.

Тираж 50 экз. Заказ № 1-50-12.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

