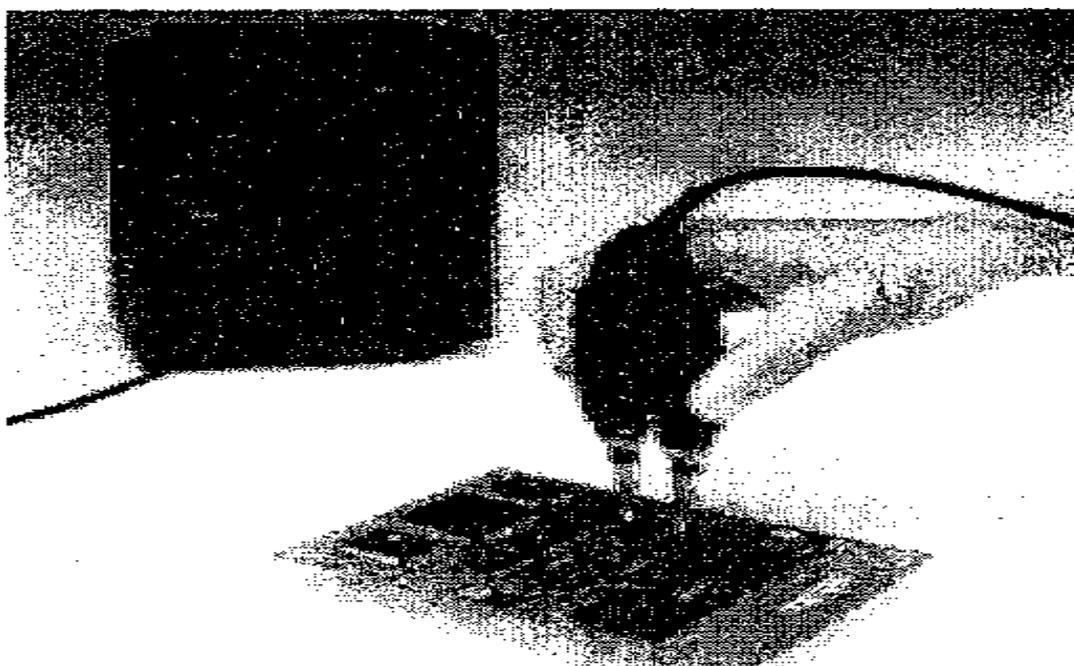


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический  
университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе «Технология создания заготовок многослойных печатных плат» по дисциплине «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной формы обучения



Воронеж 2015

УДК 621.396

Составитель канд. техн. наук Антиликаторов А.Б.

Методические указания к лабораторной работе «Технология создания заготовок многослойных печатных плат» по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» направлений 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2015. 15 с.

В издание включены методические указания к лабораторным работам. Лабораторная работа "Исследование технологии прессования заготовок многослойных печатных плат" позволяет произвести исследование влияния различных факторов на технологический процесс прессования заготовок многослойных печатных плат и построение математических моделей технологических процессов методом полного факторного эксперимента. Лабораторная работа "Технология монтажной пайки и анализ качества паяных соединений" позволяет произвести исследование влияния, технологических режимов технологического оборудования на процесс пайки, а также произвести анализ влияния производственных погрешностей на качество паяных соединений, получаемых при монтаже компонентов на печатные платы.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2003 и содержатся в файле ЛР.doc

Табл. 3. Ил. 5. Библиогр.: 6 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ ВПО «Воронежский  
государственный технический  
университет», 2015

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1  
"ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕССОВАНИЯ ЗАГОТОВОК  
МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ"

## 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Цель работы - приобретение практических навыков исследования и построения математических моделей технологических процессов методом полного факторного эксперимента.

Объектом исследования является технология прессования заготовок (слоев) многослойных печатных плат (МПП). Основная задача этой технологии заключается в получении из исходных слоев монолитной- и прочной структуры, устойчивой к внешним воздействиям. Чтобы выяснить, в какой мере выполняются эти требования, проводят два вида испытаний спрессованных заготовок: определяют прочностные характеристики (прочность на растяжение, на сдвиг и др.) и проверяют стойкость заготовок к воздействию термоудара. Анализ источников показывает, что испытания на сдвиг  $\sigma_{сд}$  эффективно характеризует прочность спрессованных заготовок МПП и достаточно полно отражает влияние различных факторов. Поэтому  $\sigma_{сд}$  принята в качестве выходного параметра заготовок МПП.

Получение модели, устанавливающей связи между  $\sigma_{сд}$  и факторами, является содержанием данной работы.

## 2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

### 2.1. Задание 1

Ознакомиться с процедурой проведения полного факторного эксперимента.

Необходимо обратиться к учебнике [1] и конспекте лекций по дисциплине и «Основы САПР»

### 2.2. Задание 2

Изучить технологию прессования слоев МПП.

Для выполнения заданий следует воспользоваться учебником [2, 3] и учебным пособием [4], а также приведенным ниже данными. При подготовке второго задания необходимо проработать следующие вопросы:

- способы очистки поверхности слоев и контроль качества очистки;
- режимы прессования слоев;
- зависимость  $\sigma_{сд}$  от значения факторов.

Для очистки поверхности слоев широко используются химические и механические способы подготовки, а также их сочетание. Наиболее рациональным методом контроля качества очистки поверхности слоев является метод измерения сопротивления прочности между двумя точками на слое. Результаты эксперимента показывают, что с величиной сопротивления изоляции  $R$  однозначно связана механическая прочность платы (рис. 1).

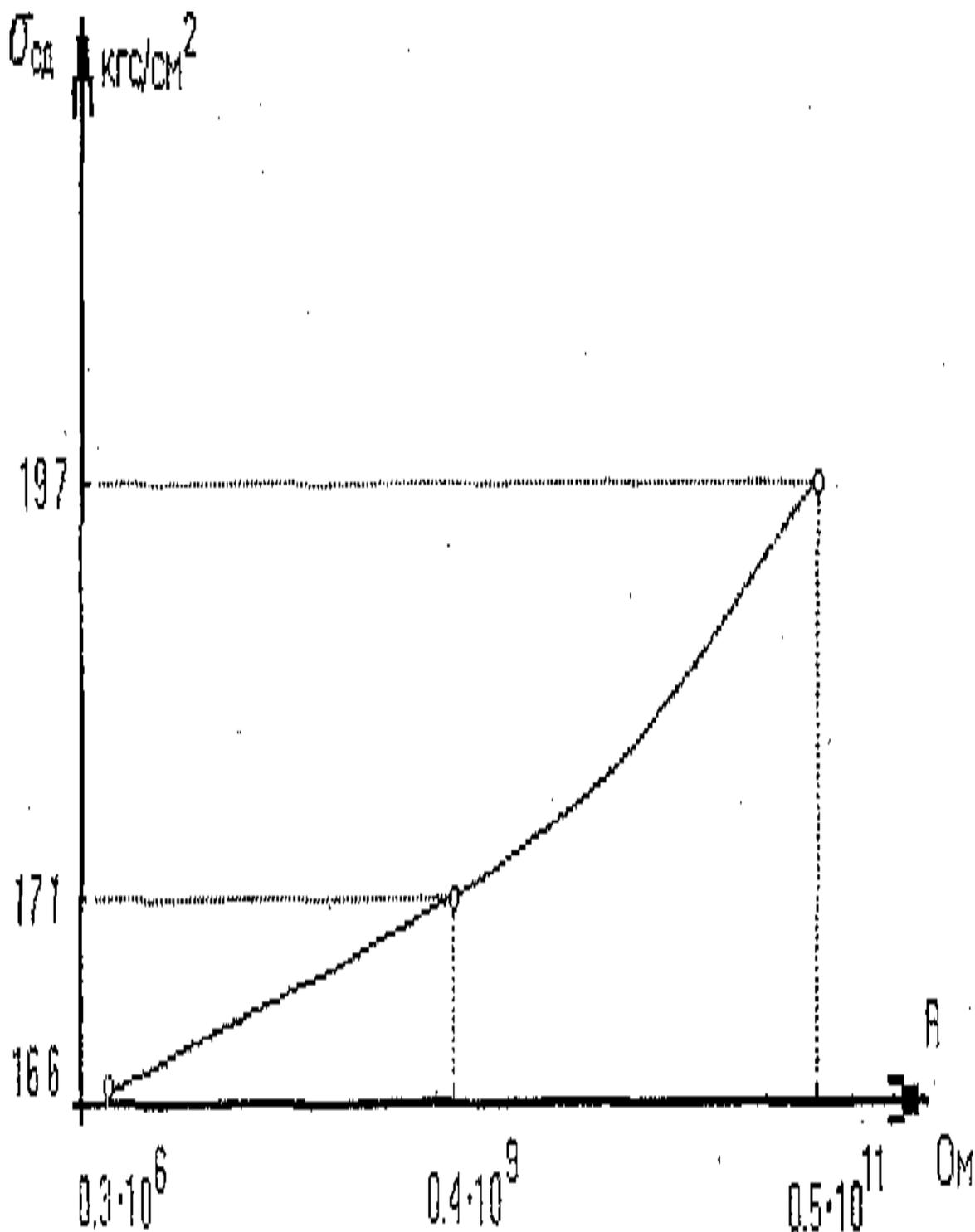


Рис 1. Зависимость прочности на сдвиг от частоты отмывки слоев

Требования к прокладочным стеклотканям марок СПТ- 3-0.025, СПТ-3-0.06 и СПТ-3-0.1 приведены в табл. 1.

Таблица 1.  
Требования к прокладочным стеклотканям марок СПТ-3-0.025, СПТ-3-0.06 и СПТ-3-0.1

Наименование показателя	Нормированное значение показателя
Летучие вещества, %	от 0,3 до 1,2
Связующее вещество, %	от 45 до 52
Растворимость связующего вещества, %	от 80 до 100
Текучесть связующего вещества, %	от 25 до 35

Показатель растворимости  $P_c$  связующего вещества характеризует способность смолы растворяться в ацетоне. Растворимость связующего вещества снижается в процессе хранения стеклоткани, вследствие полимеризации определенной части смолы при нормальной температуре. Растворимость связующего вещества влияет на  $\sigma_{сд}$  (рис. 2).

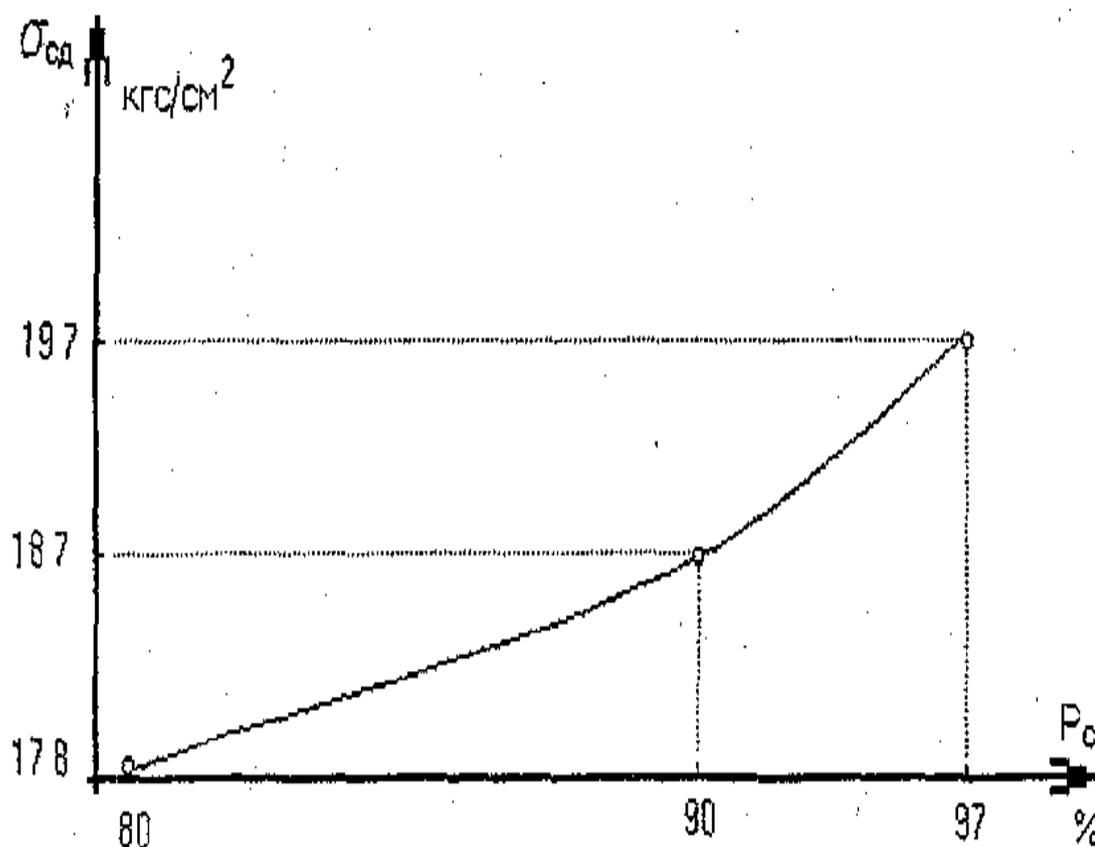


Рис. 2. Зависимость прочности на сдвиг от растворимости связующего вещества

Под текучестью смолы понимают потерю массы образцом, спрессованным из прокладочной стеклоткани, в процентах к исходной массе. Материал с текучестью более 45% не пригоден к использованию, поскольку под действием температуры он сильно размягчается и интенсивно вытесняется из слоев даже при относительно низком давлении прессования. Эффект интенсивного вытеснения смолы из слоев нежелателен, так как оставшееся между слоями связующее вещество может не обеспечить их надежное соединение по всей поверхности.

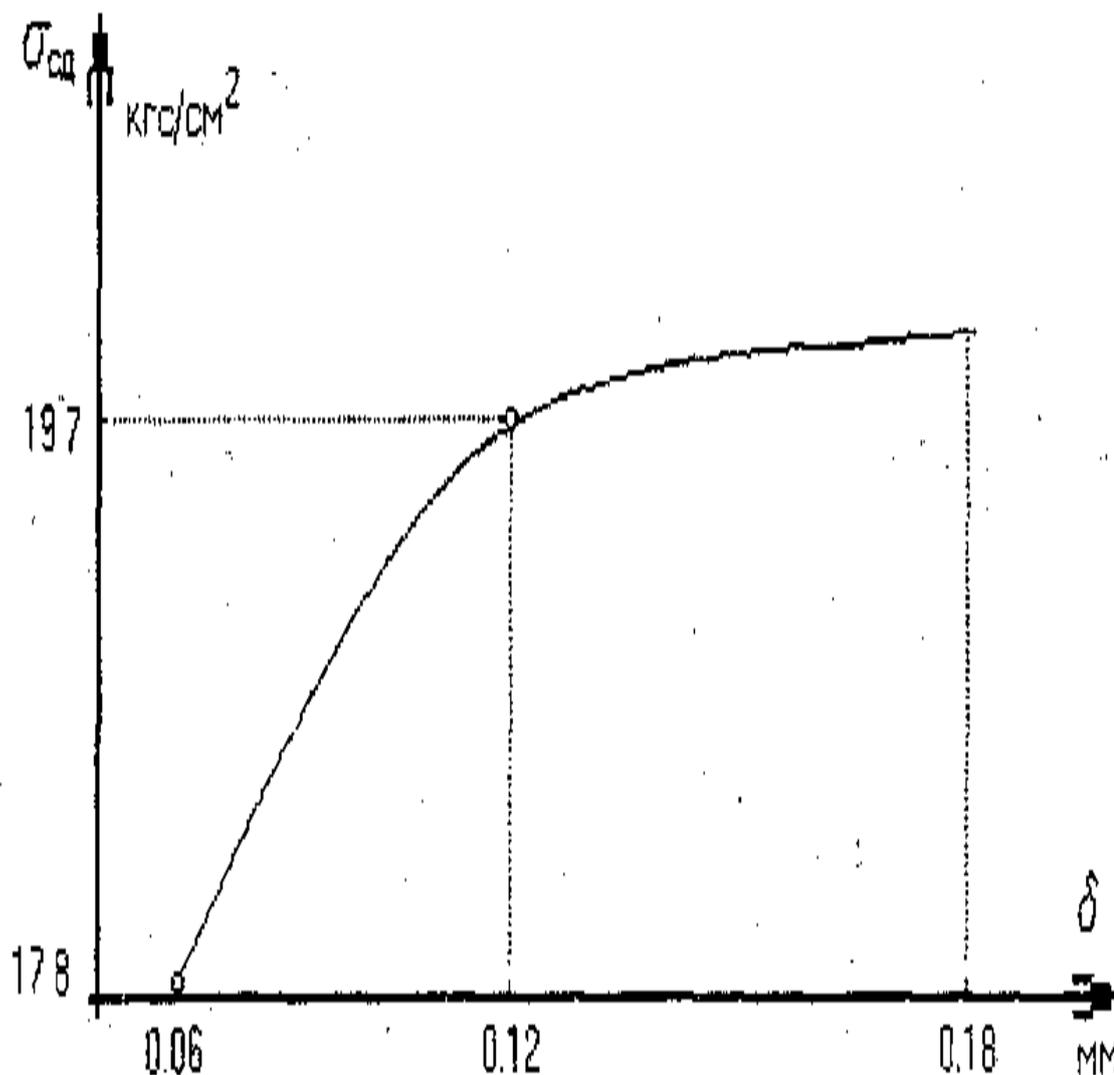


Рис. 3. Зависимость прочность на сдвиг от толщины прокладки между слоями

Прочность на сдвиг зависит не только от показателей стеклоткани, но и еще от толщины  $\delta$  прокладки между слоями (рис. 3).

В процессе прессования слоев сначала создается низкое давление  $P_1$  от 100 до 300 кПа, достаточное для уплотнения пакета до такого состояния, при котором он может равномерно разогреваться и происходит смачивание смолой слоев по всей площади.

По истечении некоторого времени прикладывают давление  $P_2$ , в пределах от 1 до 6 МПа (рис. 4).

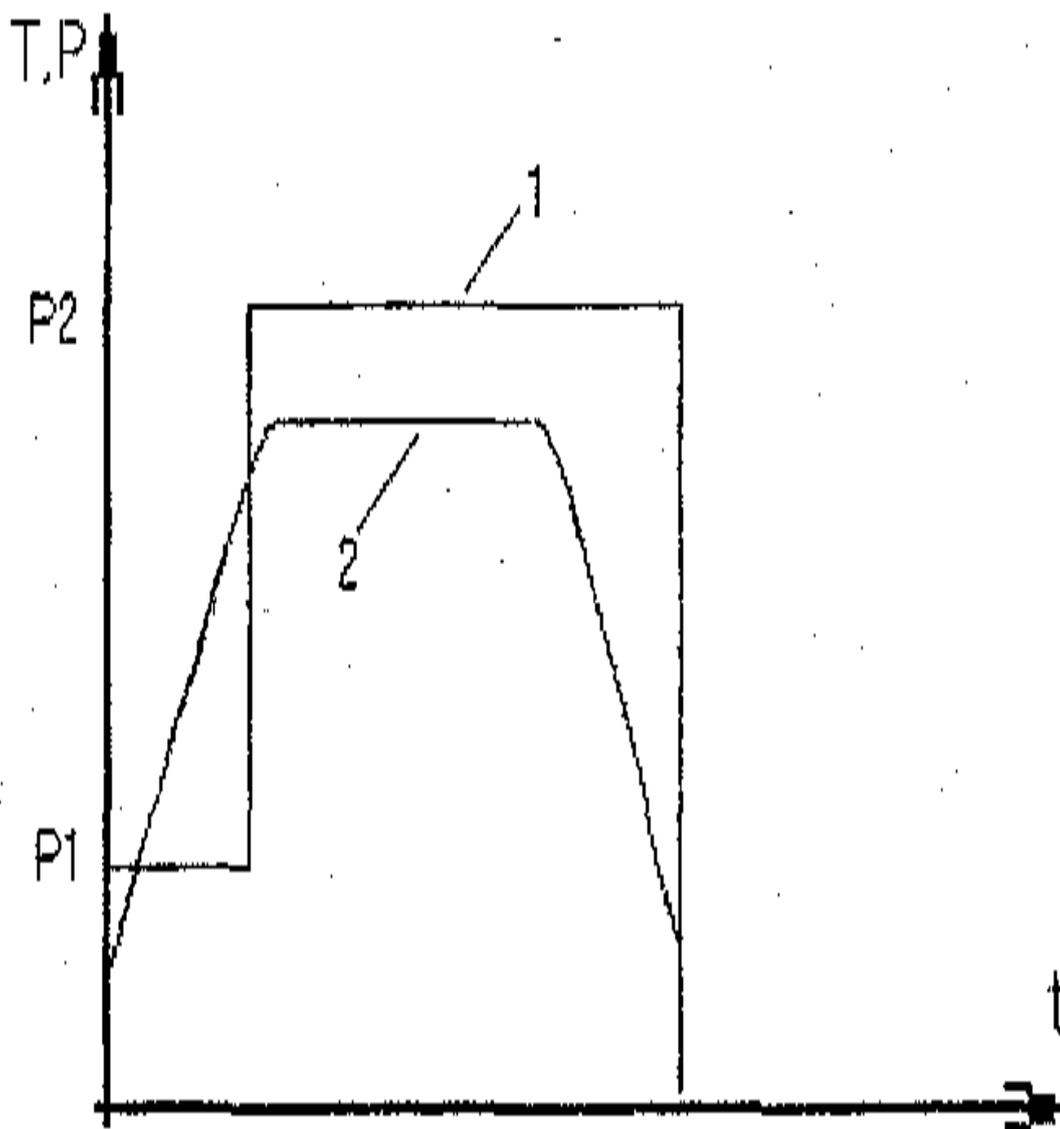


Рис. 4. Характер изменения давления (1) и температуры (2) при прессовании МПП

При давлении  $P_1$  происходит удаление летучих веществ, растекание смолы и начинается процесс ее желатинизации. При давлении  $P_2$  протекает процесс полимеризации смолы. Если при давлении  $P_1$  смола не сгустилась в

достаточной степени и давление  $P_2$  приложено преждевременно, то из прокладочной стеклоткани выдавливается большое количество смолы, что приводит к нарушению соотношения смола/наполнитель и, следовательно, к ухудшению связи между слоями. Если же смола значительно заполимеризовалась до приложенного давления  $P_2$ , то в плате образуются сгустки смолы, происходит неравномерное склеивание слоев и дробление заполимеризовавшейся смолы, следствием чего является снижение прочности сцепления слоев. Прочность соединения слоев также уменьшается с увеличением давления  $P_2$  (рис. 5)

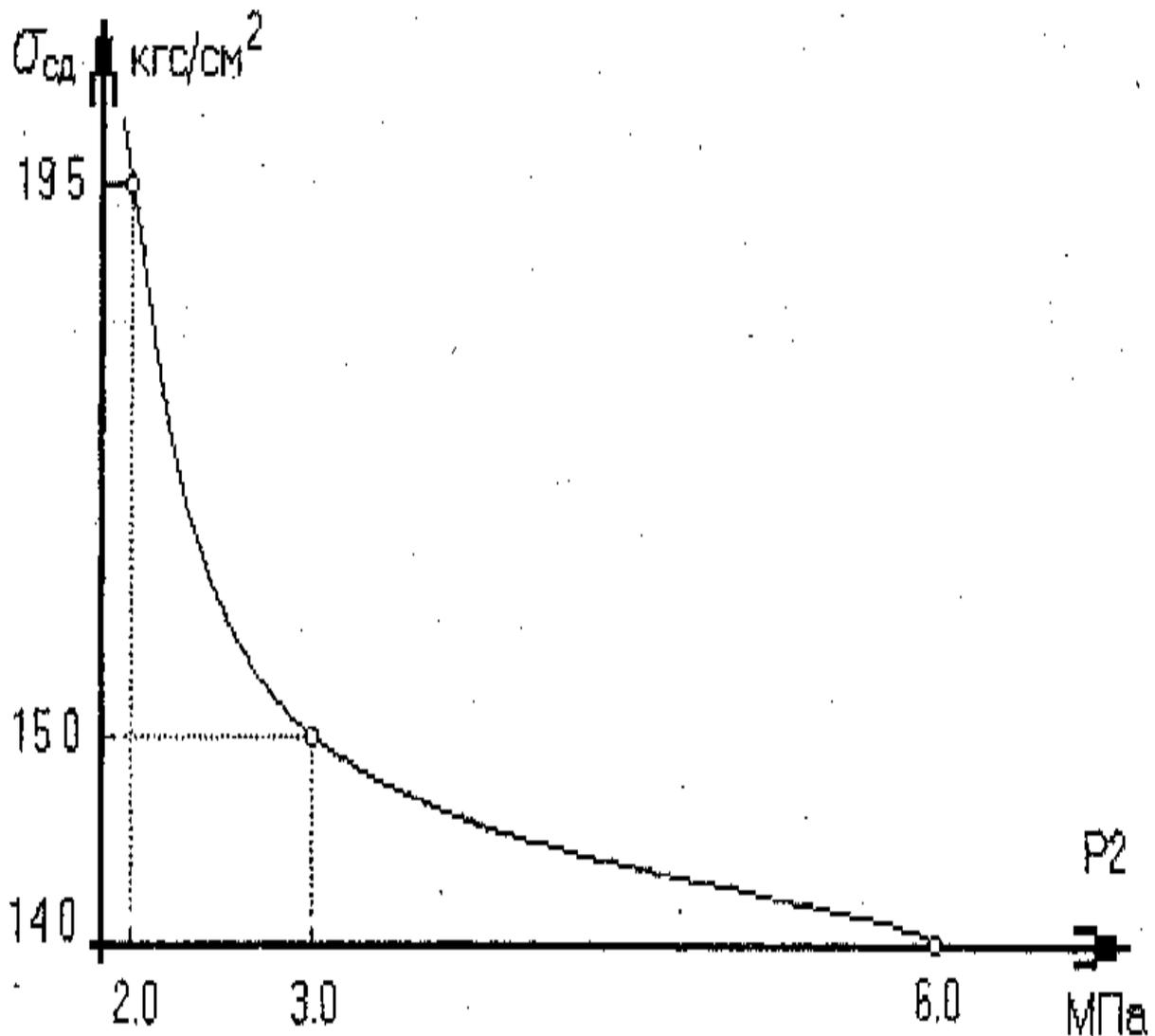


Рис. 5. Зависимость прочности на сдвиг от уровня высокого давления

Продолжительность приложения давления  $P_2$  зависит от растворимости и текучести смолы, температуры полимеризации смолы, скорости нагрева и площади рабочих поверхностей нагреваемых плат. Неправильно выбранные

скорости нагрева и охлаждения являются основной причиной образования в заготовке внутренних напряжений.

При большой скорости возрастания температуры реакция отверждения смолы проходит быстро, при этом продукт отверждения получается хрупким, неоднородным, со значительными внутренними напряжениями. Если же скорость нагрева уменьшается, то механические свойства заготовки улучшаются.

Существенное влияние на качество соединения слоев оказывает температурный режим прессования. При увеличении температуры время полимеризации смолы сокращается. Однако чрезмерное повышение температуры влечет за собой нежелательные последствия, связанные с интенсивным разложением смолы. Снижение температуры прессования требует увеличения времени выдержки, что нежелательно по технологическим причинам. В связи с этим температуру прессования выбирают не ниже 135°C

### 3. ВОПРОСЫ К ДОМАШНЕМУ ЗАДАНИЮ

- Для проведения полного факторного эксперимента по каким критериям выбирается параметр оптимизации (выходной параметр)?
  - Какие требования предъявляются к факторам?
  - Что такое шаг варьирования?
  - Как строится матрица планирования полного факторного эксперимента?
  - Чем может быть обусловлена неоднородность дисперсии?
  - В каком случае математическую модель технологического процесса можно записать в виде полинома первой степени?
    - По каким причинам может оказаться незначительным вклад фактора?
    - Перечислите способы подготовки поверхности слоев МПП.
    - По какому критерию оценивают (качество подготовки поверхности слоев)?
      - Назовите режимы прессования слоев МПП.
      - Взаимодействие каких факторов необходимо учитывать при моделировании процесса прессования слоев МПП?
      - Объясните характер изменения  $\sigma_{сд}$  в зависимости от растворимости связующего вещества, толщины склеивающей прокладки между слоями и уровня высокого давления.
      - Перечислите, возникновение каких дефектов возможно в процессе прессования слоев и с чем они связаны?
      - Какие требования предъявляются к прокладочной стеклоткани?

## 4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### 4.1. Задание 1

Основываясь на физико-химических явлениях, протекающих при выполнении технологических операций, определить совокупность факторов, влияющих на  $\sigma_{сд}$ .

Выделить не более пяти наиболее значимых факторов.

### 4.2. Задание 2

Обратится к программе «Технология МПП» и осуществить ранжирование факторов. Для этого выполнить однофакторный дисперсионный анализ. Провести полный факторный эксперимент и получить модель процесса прессования слоев МПП.

Обсудить с преподавателем полученные результаты.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- название и цель работы;
- краткое описание проделанной работы;
- результаты выполнения лабораторных заданий.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### "ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖНОЙ ПАЙКИ И АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ"

Цель настоящей работы заключается в развитии навыков анализа влияния производственных погрешностей на качество паяных соединений, получаемых при монтаже компонентов на печатных платах.

Анализ выполняется применительно к технологии монтажа выводов компонентов в отверстия и технологии монтажа компонентов на поверхность.

Для достижения цели работы необходимо получить полное представление о причинах образования в паяных соединениях структурных и геометрических дефектов и, основываясь на знании физико-химических явлений и процессов, свойственных каждой технологической операции, научиться делать обоснование предложения по проведению технологического процесса пайки в состоянии, соответствующее высокому качеству паяных соединений.

#### 1. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Изучить технологию монтажа компонентов на печатных платах.

Для подготовки домашнего задания необходимо воспользоваться учебными пособиями [1, 2] и конспектом лекций по дисциплине «Технология РЭС»

С особой тщательностью нужно проработать вопросы, касающиеся физико-химических явлений и процессов, протекающих при выполнении технологических операций, а также вопросы выбора материалов и методов пайки с учетом конструктивно-технологических особенностей сборочных единиц на печатных платах и необходимости повышения качества паяных соединений.

#### 2. ВОПРОСЫ К ДОМАШНЕМУ ЗАДАНИЮ

1. Укажите варианты конструктивного исполнения радиоэлектронных модулей в случае использования компонентов, монтируемых в отверстия и компонентов поверхностного монтажа.

2. Какие способы монтажной пайки используются при изготовлении радиоэлектронных модулей по различным вариантам их конструктивного исполнения.

3. Приведите типовые схемы технологических процессов монтажа компонентов на печатных платах.

4. Припой, пропойные пасты и флюсы. Основные свойства припоев, пропойных паст и флюсов.

5. Какой припой следует применять при особых требованиях к качеству паяных соединений?

6. Как наносят пасту на поверхность печатной платы.

7. Способы флюсования печатных плат.

8. С какой целью осуществляется подогрев печатных плат перед пайкой?

9. Какие дефекты паяного соединения возникают при недостатке и избытке флюса на поверхности печатных плат?

10. В чем причина полного или частичного смачивания паяных поверхностей?

11. Укажите причины неполного заполнением припоем зазора между выводом компонента и поверхностью отверстия при наличии хорошего смачивания.

12. Чем обусловлены усадочные раковины в паяном соединении.

13. Укажите причину образования пористого паяного соединения.

14. В каких случаях снижается прочность паяного соединения?

15. В какой области температур активность флюса должна быть наибольшей.

16. Какие методы применяются для контроля паяных соединений?

17. Какие дефекты могут быть выявлены с помощью систем визуального контроля.

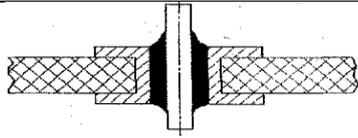
### **ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ**

Провести анализ причин возникновения в паяных соединениях структурных и геометрических дефектов и внести предложения по их устранению.

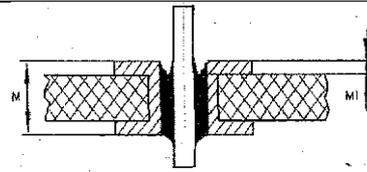
Данные о геометрических дефектах в паяных соединениях приведены в табл. 1.

Таблица 1

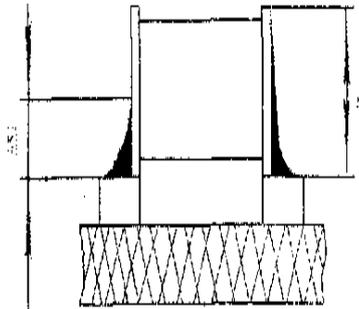
Характеристика паяных соединений	
Годных	Бракованных



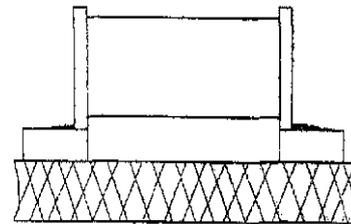
Скелетная форма. Галтели вогнутые



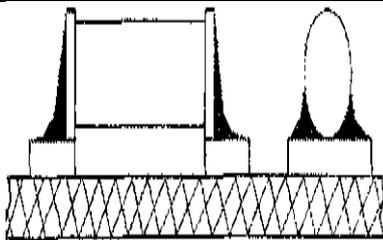
Со стороны корпуса элемента образуется вогнутая галтель глубиной  $M$  более  $1/3M$



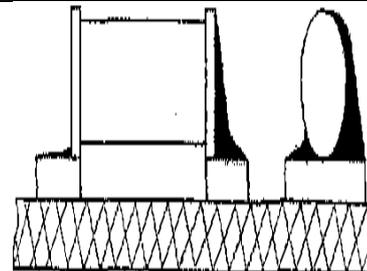
При высоте металлизации  $H$  менее 1,2 мм высота галтели  $H_j$  должна быть не менее  $1/3H$ . для компонентов с  $H$  более 1,2 мм высота галтели должна быть не менее 0,4 мм. Галтели вогнутые.



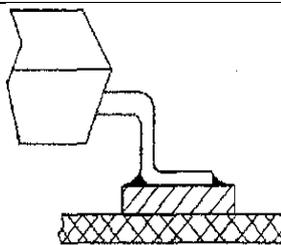
Для компонентов с высотой металлизации менее 1,2 мм высота  $H_j$  менее  $1/3H$ . Для компонентов с  $H$  более 1,2мм высота галтели менее 0,4мм. Выпускные галтели с обеих сторон компоненты.



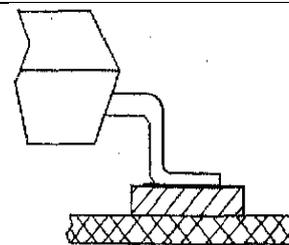
Высота галтели равна высоте компонентов. Галтели вогнутые.



Высота галтели менее 0,4мм или галтель выпуклая.



Высота галтели с внутренней части вывода должна быть не менее толщины вывода. Для микросхем с длинными монтажными частями выводов также должен быть пропаян по всей длине монтажной части



Высота галтели с внутренней части вывода менее половины толщины вывода. Для микросхем с длинными монтажными частями выводов, вывод пропаян менее чем на 0,75 длины монтажной части.

При выполнении задания учитываются такие макроструктурные дефекты как трещины, усадочные раковины, поры и включения. Микроструктурным дефектом являются кристаллы интерметаллидов в паяном шве, обуславливающие резкое повышение хрупкости соединения.

Результат проделанной работы занести в табл.2.

Таблица 2

Вид дефекта	Причина возникновения дефекта	Предложения по устранению дефекта
1	2	3

#### 4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы
- Результаты выполнения лабораторного задания
- Выводы по результатам работы

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самойленко Н.Э. Методы факторного анализа в задачах конструкторско-технологического проектирования РЭС [Текст]: учеб. пособие / Н.Э. Самойленко. Воронеж: ГОУВПО / «Воронежский государственный технический университет», 2008. 150 с.
2. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат [Текст]: учебник / Е.В. Пирогова. - М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2005. - 560 с.
3. Медведев А. Технология производства печатных плат [Текст]/ А. Медведев.- М.: Техносфера, 2005. - 360 с.
4. Донец А.М. Проектирование конструкций и технологическая подготовка производства радиоэлектронных модулей: учеб. пособие [Текст]/ А.М. Донец, С.А. Донец. Воронеж: ВГТУ, 2008. 128 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1	
«Исследование технологии прессования заготовок многослойных печатных плат» .....	1
Лабораторная работа 2	
«Технология монтажной пайки и анализ качества паянного соединения.....	12
Библиографический список.....	15

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе «Технология создания заготовок многослойных печатных плат» по дисциплине «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной формы обучения

Составитель

Антиликаторов Александр Борисович

В авторской редакции

Подписано к изданию 26.02.2015

Уч.-изд. л. 1,0