



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
що до виконання
практичних робіт з дисципліни

«ІНЖЕНЕРНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»
(конструкторськи розрахунки електронного пристрою)
для студентів спеціальності 122,126

частина 3

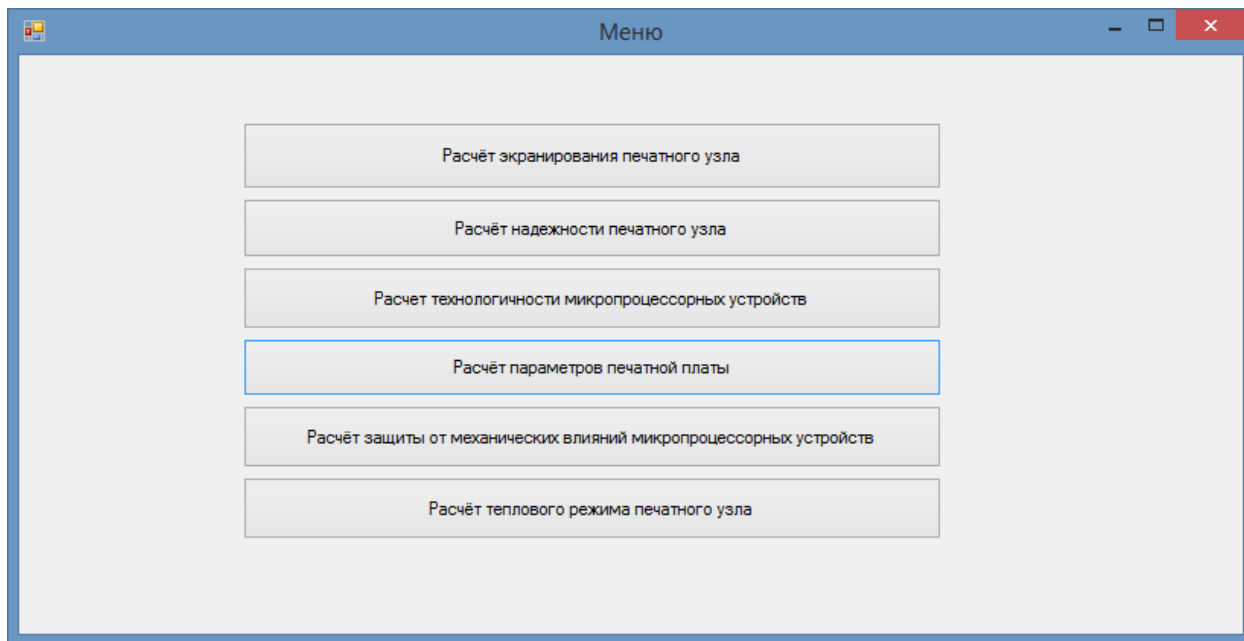
Содержание

Практическая работа №12 Конструкторские расчеты электронного устройства.....	3
- расчет экранирования печатного узла.....	4
- расчет надежности печатного узла.....	7
- расчет технологичности печатного узла.....	11
- расчет параметров печатной платы.....	15
- расчет защиты печатного узла от механических воздействий ..	18
- расчет теплового режима печатного узла.....	25
Список литературы	28

Практическая работа №12 Конструкторские расчеты электронного устройства

В соответствии с индивидуальным заданием студент обязан выполнить конструкторские расчеты необходимые для обеспечения работоспособности разрабатываемого устройства.

Для выполнения расчетов запустите файл KP.exe. На экране появится главное меню



Нажмите интересующую вас кнопку.

1 РАСЧЁТ ЭКРАНИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт экранирования печатного узла», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 1.1

Расчёт экранирования печатной платы

Толщина материала	<input type="text"/>	м
Частота помехи	<input type="text"/>	Гц
Относительная магнитная проницаемость экрана	<input type="text"/>	
Удельная проводимость материала экрана	<input type="text"/>	МСм/м

Назад Расчёт

Рисунок 1.1 – Форма для ввода данных

В данную форму нужно ввести параметры помехи и материала экрана. (Данные могут содержать только: числа от 0 до 9, и запятую. Буквы и другие символы вводить в поля нельзя)

На рисунке 1.2 показан пример ввода данных (материал – сталь).

Расчёт экранирования печатной платы

Толщина материала	<input type="text" value="0,001"/>	м
Частота помехи	<input type="text" value="50"/>	Гц
Относительная магнитная проницаемость экрана	<input type="text" value="150"/>	
Удельная проводимость материала экрана	<input type="text" value="6,6"/>	МСм/м

Назад Расчёт

Рисунок 1.2 – Введенные данные для материала сталь

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - эффективность экранирования (рисунок 1. 3).

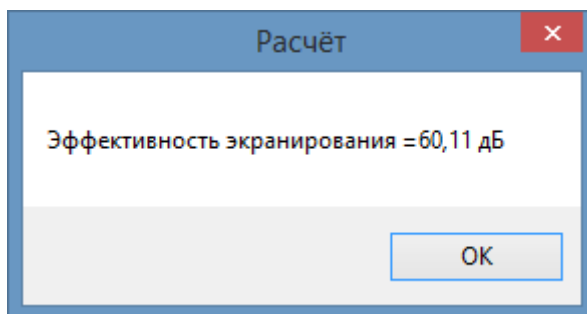


Рисунок 1.3 – Результат расчета

При нажатии кнопки «Назад», будет осуществлен переход в главное меню
Расчёт эффективности экранирования осуществляется по формулам (1.1-1.5).

Формула для расчёта эффективности экранирования .

$$K_e = K_{\pi} + K_v, \quad (1.1)$$

где K_e – эффективность экранирования корпуса, дБ;

K_{π} – эффективность экранирования при поглощении, дБ ;

K_o – эффективность экранирования при отражении, дБ .

$$K_o = 20 * \lg\left(\frac{Z_m}{4 * Z}\right), \quad (1.2)$$

где K_o – эффективности экранирования при отображении, дБ;

Z_m –эффективность отображения экрана (3);

Z – эффективность отражения металлического экрана .

$$Z_m = \sqrt{\mu_M}, \quad (1.3)$$

где Z_m – эффективность отображение экрана;

μ_M – относительная магнитная проницаемость экрана.

$$Z = \sqrt{\frac{2 \times \pi \times f \times \mu_m}{\sigma}}, \quad (1.4)$$

де Z – эффективность отражение металлического экрана;

f – частота помехи, Гц;

σ – удельная проводимость материала экрана, См/м.

$$K_{\pi} = 0,13 \times d \times \sqrt{f \times \mu_m \times \sigma}, \quad (1.5)$$

де K_{π} – эффективность экранирования при поглощении, дБ;

d – толщина материала экрана, м;

f – частота помехи, Гц;

μ_m – относительная магнитная проницаемость экрана;

σ – удельная проводимость экрана, См/м .

2 РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт надёжности печатного узла», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 2.1

Расчёт надёжности печатных плат

Категория	Элемент	шт
Резисторы	<input type="checkbox"/> Резисторы плёночные углеродные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Резисторы металлоплёночные и металлооксидные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Резисторы постоянные проволочные	<input type="text"/>
Конденсаторы	<input type="checkbox"/> Конденсаторы бумажные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Конденсаторы металобумажные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Конденсаторы плёночные и металлоплёночные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Конденсаторы керамические	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Конденсаторы оксидные электролитические	<input type="text"/>
Приборы электровакуумные	<input type="checkbox"/> Лампы приёмосигнальные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Лампы индикаторные и осветительные	<input type="text"/>
Изделия акустические	<input type="checkbox"/> Микрофоны	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Системы акустические	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Телефоны головные	<input type="text"/>
Приборы полупроводниковые	<input type="checkbox"/> Выпрямительные диоды германиевые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Выпрямительные диоды кремниевые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Выпрямительные диоды средней мощности	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Выпрямительные устройства кремниевые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Выпрямители селеновые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Стабилитроны	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Туннельные диоды	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Светодиоды	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Тиристоры	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Транзисторы НЧ (до 3 МГц и до 0,3 Вт) кремниевые	<input type="text"/>
Микросхемы интегральные	<input type="checkbox"/> Аналоговые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Цифровые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Изделия установочные	<input type="text"/>
Источники питания	<input type="checkbox"/> Батареи гальванические	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Элементы гальванические	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Аккумуляторы	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Трансформаторы	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Трансформаторы силовые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Трансформаторы звуковой частоты	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Дроссели низкочастотные	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Катоды индуктивности и дроссели	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Катоды индуктивности и дроссели ЗЧ	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Катоды индуктивности и РЧ	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Катоды коррекции	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> Катоды генерации	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> Дроссели фильтров ЗЧ	<input type="text"/>	
Прочие	<input type="checkbox"/> Резонаторы кварцевые	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Фильтры электромагнитные	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Пьезоэлементы	<input type="text"/>	

Назад Интервал времени: Расчёт

Активация Windows

Рисунок 2.1 – Форма для ввода и выбора данных

В данной форме нужно сделать выбор элементов, которые есть на печатном плате и ввести количество элементов (вводятся числа от 0 до 9), и ввести интервал времени работы печатного узла с данными элементами (вводятся только числа от 0 до 9 и одна запятая).

На рисунке 2.2 показан пример ввода данных

Рисунок 2.2– Форма с исходными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ и среднее время восстановления устройства (рисунок 2. 3).

Рисунок 2.3 – Результат расчета

При нажатии кнопки «Назад», осуществляется переход в главное меню.

Расчёт надёжности печатного узла осуществляется по формулам (2.1-2.6).

Формула для расчёта суммарной интенсивности отказа элемента .

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \lambda_i, \quad (2.1)$$

где λ_{Σ} – суммарная интенсивность отказа элемента;

λ_i – параметр экспоненциального распределения i -го элемента, численно равный интенсивности отказа элементов;

N – количество элементов на печатной плате.

Формула для расчёта коэффициента безотказной работы за определенное время .

$$P_{\Sigma}(t_3) = e^{-t_3 \lambda_{\Sigma}}, \quad (2.2)$$

где P_{Σ} – коэффициент безотказной работы

; λ_{Σ} – суммарная интенсивность отказов устройства;

t_3 – интервал времени работы, час.

Формула для расчёта среднего времени восстановлению устройства .

$$T_B \approx \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i \times \tau_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i}, \quad (2.3)$$

где T_B – среднее время восстановления устройства, час;

τ_i – среднее время восстановления i -го элемента, час;

λ_i – параметр экспоненциального распределения i -го элемента , численно равный интенсивности отказов данного элемента.

Формула для расчёта суммарной интенсивности отказа устройства с учётом электрического режима и условий эксплуатации

$$\lambda_{\text{е.р}} = K_{\text{об}} \times \sum_{j=1}^k \lambda_{\text{о}j} n_j, \quad (2.4)$$

где $\lambda_{\text{е.р}}$ – суммарная интенсивность отказа устройства с учётом электрического режима и условия эксплуатации, 1/час;

$K_{\text{об}}$ – обобщённый коэффициент эксплуатации;

$\lambda_{\text{о}j}$ – среднегрупповое значение интенсивности отказов элементов j -й группы, $j=1, \dots, k$, 1/год; k – число сформированных групп однотипных элементов;

n_j – количество элементов в j -й группе, $j=1 \dots k$.

Формула для расчёта времени наработки на отказ .

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\text{е.р}}}, \quad (2.5)$$

где T_0 – наработка на отказ, час;

$\lambda_{\text{е.р}}$ – суммарная интенсивность отказа устройства с учётом электрического режима и условий эксплуатации, 1/час .

Формула для расчёта среднего времени безотказной работы устройства .

$$T_{\text{ср}} = T_0, \quad (2.6)$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее время безотказной работы устройства, час;

T_0 – наработка на отказ, час .

3 РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт технологичности» будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 3.1.

Расчёт технологичности микропроцессорных устройств

	шт.		шт.
Количество монтажных соединений ЭРЗ, которые предполагаются выполнить автоматизированным или механизированным способом:	<input type="text"/>	Общее количество ЭРЗ, не вошедших в микросхемы:	<input type="text"/>
Общее количество монтажных соединений:	<input type="text"/>	Количество типоразмеров печатных плат в РЭС:	<input type="text"/>
Количество ЭРЗ в штуках, подготовка которых осуществляется с помощью пола автоматов и автоматов и ЭРЗ, не требующие специальной подготовки:	<input type="text"/>	Общее количество печатных плат в РЭС:	<input type="text"/>
Общее количество ЭРЗ, которые подготавливаются к монтажу согласно документации:	<input type="text"/>	Количество деталей, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов:	<input type="text"/>
Количество типоразмеров взятых ДСЭ:	<input type="text"/>	Количество сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов:	<input type="text"/>
Общее количество типоразмеров ДСЭ:	<input type="text"/>	Общее количество деталей:	<input type="text"/>
Общее количество дискретных элементов, которые заменены микросхемами:	<input type="text"/>	Общее количество сборочных единиц в РЭС:	<input type="text"/>
		Количество операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стандах:	<input type="text"/>
		Общее количество операций контроля и настройки:	<input type="text"/>

Назад Расчёт

Рисунок 3.1 – Форма для введения данных

В данной форме нужно ввести количество элементов, ввод осуществляется только числами от 0 до 9.

На рисунке 3.2 показан пример ввода данных

Расчёт технологичности микропроцессорных устройств

	шт.		шт.
Количество монтажных соединений ЭРЗ, которые предполагаются выполнить автоматизированным или механизированным способом:	<input type="text" value="262"/>	Общее количество ЭРЗ, не вошедших в микросхемы:	<input type="text" value="47"/>
Общее количество монтажных соединений:	<input type="text" value="300"/>	Количество типоразмеров печатных плат в РЭС:	<input type="text" value="1"/>
Количество ЭРЗ в штуках, подготовка которых осуществляется с помощью пола автоматов и автоматов и ЭРЗ, не требующие специальной подготовки:	<input type="text" value="276"/>	Общее количество печатных плат в РЭС:	<input type="text" value="1"/>
Общее количество ЭРЗ, которые подготавливаются к монтажу согласно документации:	<input type="text" value="288"/>	Количество деталей, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов:	<input type="text" value="3"/>
Количество типоразмеров взятых ДСЭ:	<input type="text" value="4"/>	Количество сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов:	<input type="text" value="3"/>
Общее количество типоразмеров ДСЭ:	<input type="text" value="8"/>	Общее количество деталей:	<input type="text" value="4"/>
Общее количество дискретных элементов, которые заменены микросхемами:	<input type="text" value="9"/>	Общее количество сборочных единиц в РЭС:	<input type="text" value="4"/>
		Количество операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стандах:	<input type="text" value="1"/>
		Общее количество операций контроля и настройки:	<input type="text" value="2"/>

Назад Расчёт

Рисунок 3.2 – Форма с введенными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - комплексный показатель технологичности (рисунок 3.3).

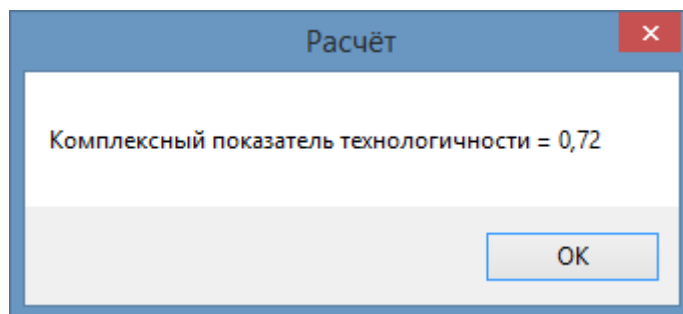


Рисунок 3.2 – Результат расчета

При нажатии кнопки «Назад», будет осуществлён переход в главное меню,

Расчёт технологичности печатного узла осуществляется по формулам (3.1-3.8).

Формула для расчёта комплексного показателя технологичности устройства (3.1).

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \times \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i}, \quad (3.1)$$

где K – комплексный показатель технологичности,

φ_i – весовая характеристика показателя;

K_i – коэффициенты, которые рассчитываются по формулам .

Формула для расчёта коэффициента автоматизации и механизации монтажа .

$$K_1 = \frac{H_{\text{к.м.э}}}{H_{\text{м}}}, \quad (3.2)$$

где K_1 – коэффициент автоматизации и механизации монтажа;

$H_{\text{к.м.э}}$ – количество монтажных соединений, которые предполагается выполнять автоматизированным или механизированным способом;

$H_{\text{м}}$ – общее количество монтажных соединений.

Формула для расчёта коэффициент автоматизации и механизации подготовки к монтажу .

$$K_2 = \frac{N_{e.p.a}}{N_{п}}, \quad (3.3)$$

где K_2 – коэффициент автоматизации и механизации подготовки к монтажу;

$N_{e.p.a}$ – количество ЭРЭ (электрорадиоэлементов) в штуках, подготовка которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов, что не нуждаются в определенной подготовки;

$N_{п}$ – общее количество ЭРЭ, которые подготавливаются к монтажу, согласно с документацией.

Формула для расчёта коэффициента освоения ДСЭ (деталей и сборных элементов) .

$$K_3 = \frac{D_{т.р.}}{D_{э.т}}, \quad (3.4)$$

где K_3 – коэффициент освоения ДСЭ;

$D_{т.р.}$ – количество типоразмеров, взятых ДСЭ;

$D_{э.т.}$ – общее количество типоразмеров ДСЭ.

Формула для расчёта коэффициента использования микросхем .

$$K_4 = \frac{N_{e.m.c.}}{N_{e.m.c.} + N_{э.к.}}, \quad (3.5)$$

где K_4 – коэффициент использованных микросхем;

$N_{e.m.c.}$ – общее количество дискретных элементов, которые заменены микросхемами;

$N_{э.к.}$ – общее количество ЭРЭ, что не вошли в микросхемы.

Формула коэффициента повторений печатных плат .

$$K_5 = \frac{D_{к.т.п.}}{D_{п.п.}}, \quad (3.6)$$

где K_5 – коэффициент повторения печатных плат;

$D_{к.т.п}$ – количество типоразмеров печатных плат РЭС (радиоэлектронные средства);

$D_{п.п}$ – общее количество печатных плат РЭС.

Формула для расчёта коэффициента использования типовых технологических процессов .

$$K_6 = \frac{D_{д.т} + E_{з.т}}{D + E}, \quad (3.7)$$

где K_6 – коэффициент использование типовых технологических устройств;

$D_{д.т}$ та $E_{з.т}$ – количество деталей и сборных единиц, что изготавливаются с использованием типовых и групповых технологических процессов соответственно;

D та E – общее количество деталей и сборных единиц РЭС, кроме крепления.

Формула для расчёта коэффициента автоматизации и механизации регулирования и контроля .

$$K_7 = \frac{H_{к.н}}{H_{о.к.н}}, \quad (3.8)$$

где K_7 – коэффициент автоматизации и механизации регулирования и контроля;

$H_{к.н}$ – количество операций контроля и настроек, выполняемых на полуавтоматизированных и автоматизированных стандах;

$H_{о.к.н}$ – общее количество операций контроля и настроек.

4 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт параметров печатной платы», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 4.1.

Сила тока	<input type="text"/>	А
Толщина фольги	<input type="text"/>	мкм
Класс точности ПП	<input type="text"/>	
Наибольшее количество печатных проводников, проложенных между двумя соседними отверстиями ПП	<input type="text"/>	шт
Наибольшее из 2-х диаметров выводов радиоэлементов	<input type="text"/>	мм
Диаметр 1-й соседней контактной площадки	<input type="text"/>	мм
Диаметр 2-й соседней контактной площадки	<input type="text"/>	мм

Назад Расчитать

Рисунок 4.1 – Форма для выбора и ввода данных

В данной форме нужно ввести силу тока, она вводится от 0 до 9, и одна запятая. Все остальные входные данные выбираются из предложенных данных.

На рисунке 4.2 показан пример с введенными данными

Расчёт параметров печатной платы

Сила тока	<input type="text" value="0.1"/>	А
Толщина фольги	<input type="text" value="35"/>	мкм
Класс точности ПП	<input type="text" value="3"/>	
Наибольшее количество печатных проводников, проложенных между двумя соседними отверстиями ПП	<input type="text" value="2"/>	шт
Наибольшее из 2-х диаметров выводов радиоэлементов	<input type="text" value="0.8"/>	мм
Диаметр 1-й соседней контактной площадки	<input type="text" value="2.5"/>	мм
Диаметр 2-й соседней контактной площадки	<input type="text" value="2.5"/>	мм

Назад Расчитать

Рисунок 4.2 – Форма с введенными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - ширина проводника, наименьшее расстояние для прокладки n-го количества проводников и плотность тока

Расчёт

Ширина проводника=0,25 мм,
Наименшее минимальное расстояние для прокладки n-го количества проводников: 2,9 мм,
Плотность тока: 11,43 А/мм²

OK

Рисунок 4.3 – Результат расчета

После нажатия кнопки «Назад», будет осуществлен переход в главное меню

Расчёт параметров печатной платы осуществляется по формулам (4.1-4.2).

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + tn + S(n + 1) + T_1, \quad (4.1)$$

где l – наименьшее расстояние для прокладки n -й количества проводников;

D_1, D_2 – диаметры соседних контактных участков, мм;

T_1 – значение допуска печатного проводника, мм;

t – ширина печатного проводника, мм;

n – количество проводников.

$$j = \frac{I}{t \times h}, \quad (4.2)$$

где j – плотность тока, А/мм²;

I – сила тока, А;

t – ширина проводника, мм;

h – толщина фольги, мкм .

5 РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ПЕЧАТНОГО УЗЛА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

После выбора в главном меню соответствующей кнопки, будет осуществлён переход на форму, которая показана на рисунке 5.1.

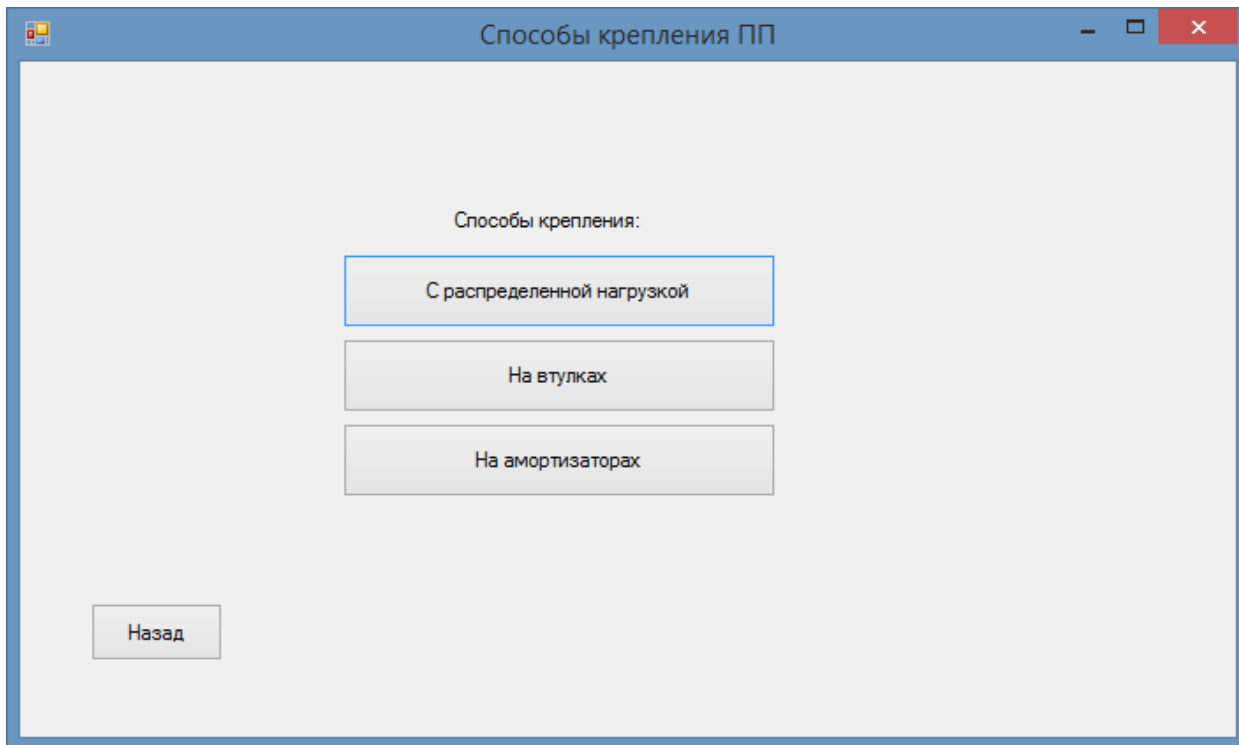


Рисунок 5.1 – Меню для выбора способа крепления

После выбора крепления с распределённой нагрузкой, будет осуществлен переход на форму для заполнения входных данных, для расчёта (рисунок 5.2).

С распределённой нагрузкой

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Модуль упругости 10¹⁰Па

Коэффициент Пуассона

Номер крепления

Назад Расчёт

Рисунок 5.2 – Форма для введения и выбора информации

Кнопка помощи, нужна для выбора способа крепления и указания его в программе. Форма помощи показана на рисунке 5.3.

С распределённой нагрузкой

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Модуль упругости 10¹⁰Па

Коэффициент Пуассона

Номер крепления

Эскиз	Эскиз	Эскиз	Эскиз
1	10	19	26
2	11	20	27
3	12	21	28
4	13	22	29
5	14	23	30
6	15	24	31
7	16	25	
8	17		
9	18		

Назад Расчёт

Рисунок 5.3 – Форма с открытой помощью

После выбора номера крепления необходимо ввести входные данные. Пример ввода данных для стеклотекстолита СТЭФ показан на рисунке 5.4.

The screenshot shows a software window titled "С распределённой нагрузкой" (With distributed load). On the left, there is a "Помощь" (Help) section and a list of input parameters with their values:

- Нижняя частота внешних колебаний: 100 Гц
- Верхняя частота внешних колебаний: 250 Гц
- Длина платы: 0.3 м
- Ширина платы: 0.2 м
- Толщина платы: 0.001 м
- Плотность материала: 1400 кг/м³
- Масса деталей: 0.1 кг
- Модуль упругости: 3.3 · 10¹⁰ Па
- Коэффициент Пуассона: 0.278
- Номер крепления: 4

Below the parameters are "Назад" (Back) and "Расчёт" (Calculate) buttons. On the right, there is a grid of 31 numbered sketches (Эскиз) arranged in a 4x4 grid with the last cell empty. The sketches are numbered 1 through 31, with some cells containing hatched patterns. A "Расчёт" (Calculate) button is also present at the bottom right of the grid area.

Рисунок 5.4 – Форма с введенными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета (рисунок 5.5).

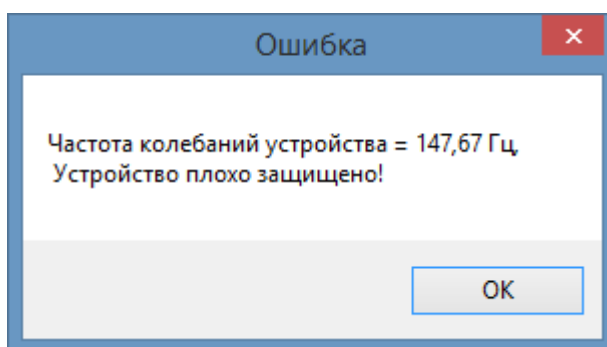


Рисунок 5.5 – Результат расчета

Расчёт защиты от механических влияний с распределенной нагрузкой, осуществляется по формуле (5.1)

$$f_p = \frac{K_\alpha}{2 \times \pi \times a^2} \times \sqrt{\frac{D}{m^*}}$$

где f_p – резонансная частота печатной платы с распределенной нагрузкой, Гц;

K_α – коэффициент, который зависит от способа крепления платы;

D – цилиндрическая жёсткость платы, Н/м;

a – длина платы, м;

m^* – распределенная масса печатной платы, кг/м.

Если выбран способ крепления на втулках, то будет осуществлен переход на форму, показанную на рисунке 5.6.

На втулках

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Модуль упругости 10¹⁰Па

Коэффициент Пуассона

Количество точек крепления шт

Назад

Рисунок 5.6 – Форма для ввода и выбора данных

Пример ввода данных для стеклотекстолита СТЭФ показан на рисунке 5.7.

На втулках

Нижняя частота внешних колебаний: 100 Гц

Верхняя частота внешних колебаний: 250 Гц

Длина платы: 0,3 м

Ширина платы: 0,2 м

Толщина платы: 0,001 м

Плотность материала: 1400 кг/м³

Масса деталей: 0,1 кг

Модуль упругости: 3,3 10¹⁰Па

Коэффициент Пуассона: 0,278

Количество точек крепления: 4 шт

Назад Расчёт

Рисунок 5.7

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета (рисунок 5.8).

Расчёт

Частота колебаний устройства = 5,67 Гц
Устройство защищено от механических воздействий!

ОК

Рисунок 5.8 – Результат после введения данных

Формула для расчёта резонансной частоты пластин закрепленных на втулках (5.2).

$$f_{\text{в}} = \left(A + \frac{1}{b^2} \right) \times \frac{1}{2 \times \pi} \times \sqrt{\frac{D}{m}}, \quad (23)$$

где $f_{\text{в}}$ – расчётная резонансная частота печатного узла, закрепленного на втулках, Гц;

A – коэффициент, зависящий от количества точек крепления печатной платы;

D – цилиндрическая жесткость платы, Н/м; 21);

b – длина платы, м.

Если выбран способ крепления на амортизаторах, будет осуществлен переход на форму, показанную на рисунке 5.9.

На амортизаторах

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Жесткость амортизатора Н/см

Количество амортизаторов шт

Назад Расчёт

Рисунок 5.9

Кнопка помощи, необходима для выбора жесткости амортизаторов (рисунок 5.10).

На амортизаторах

Помощь

Название амортизаторов	Жесткость амортизаторов (Н/см)
АН-6	91
АН-10	147
АН-15	245
АН-30	451
АН-50	785
АТ-8	245,3
АТ-13	441,5
АТ-13	441,5
АТ-10	686,7
АТ-40	981

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Жесткость амортизатора Н/см

Количество амортизаторов шт

Назад Расчёт

Рисунок 5.10 – Форма с открытой помощью

Пример ввода данных для стеклотекстолита СТЭФ показан на рисунке 5.11.

The screenshot shows a software window titled "На амортизаторах" (On dampers). On the left, there are input fields for various parameters:

- Нижняя частота внешних колебаний: 100 Гц
- Верхняя частота внешних колебаний: 250 Гц
- Длина платы: 0,3 м
- Ширина платы: 0,2 м
- Толщина платы: 0,001 м
- Плотность материала: 1400 кг/м³
- Масса деталей: 0,1 кг
- Жёсткость амортизатора: 91 Н/см
- Количество амортизаторов: 4 шт

 A "Назад" (Back) button is located at the bottom left. On the right, there is a table with two columns: "Название амортизаторов" (Damper name) and "Жёсткость амортизаторов (Н/см)" (Damper stiffness (N/cm)). The table contains the following data:

Название амортизаторов	Жёсткость амортизаторов (Н/см)
АН-6	91
АН-10	147
АН-15	245
АН-30	451
АН-50	785
АТ-8	245,3
АТ-13	441,5
АТ-13	441,5
АТ-10	686,7
АТ-40	981

 A "Расчёт" (Calculate) button is at the bottom right. A "Помощь" (Help) button is at the top left of the input area.

Рисунок 5.11

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета (рисунок 5.12).

The screenshot shows a dialog box titled "Расчёт" (Calculation). The text inside reads:

Частота колебаний устройства = 7,08 Гц
 Устройство защищено от механических воздействий!

 An "ОК" (OK) button is located at the bottom right of the dialog box.

Рисунок 5.12 – Результат после введения данных

Формула для расчёта резонансной частоты пластин закрепленных на амортизаторах (5.3).

$$f_a = \frac{1}{2 \times \pi} \times \sqrt{\frac{K_{\Sigma}}{m^*}} \quad (5.3)$$

где f_a – расчёт резонансной частоты печатной платы закрепленной на амортизаторах, Гц;;

K_{Σ} – суммарная жесткость системы, Н/см;

m_{π} –распределенная масса печатной платы, кг.

6 РАСЧЁТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт теплового режима печатного узла», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 6.1.

Ширина корпуса	<input type="text"/>	м	Количество перфорированных отверстий	<input type="text"/>	шт
Длина корпуса	<input type="text"/>	м	Температура внешней среды	<input type="text"/>	°C
Высота корпуса	<input type="text"/>	м	Количество теплонагруженных элементов	<input type="text"/>	шт
Коэффициент заполнения корпуса	<input type="text"/>				
Мощность рассеивания в блоке	<input type="text"/>	Ватт			
Давление вне корпуса	<input type="text"/>	Па			
Давление в корпусе	<input type="text"/>	Па			
Площадь одного перфорированного отверстия	<input type="text"/>	м ²			

Назад Далее

Рисунок 6.1 – Форма для введения входных данных

Пример ввода данных показан на рисунке 6.2.

Ширина корпуса	<input type="text" value="0.1"/>	м	Количество перфорированных отверстий	<input type="text" value="60"/>	шт
Длина корпуса	<input type="text" value="0.4"/>	м	Температура внешней среды	<input type="text" value="25"/>	°C
Высота корпуса	<input type="text" value="0.4"/>	м	Количество теплонагруженных элементов	<input type="text" value="1"/>	шт
Коэффициент заполнения корпуса	<input type="text" value="0.6"/>				
Мощность рассеивания в блоке	<input type="text" value="30"/>	Ватт			
Давление вне корпуса	<input type="text" value="11"/>	Па			
Давление в корпусе	<input type="text" value="12"/>	Па			
Площадь одного перфорированного отверстия	<input type="text" value="0.002"/>	м ²			

Назад Далее

Рисунок 6.2

После нажатия кнопки «Далее», будет выведена на экран следующая форма, для заполнения данных теплонагруженных элементов (рисунке 6.3).

1

Название элемента

Мощность, что рассеивается элементом Вт

Площадь поверхности элемента м²

Максимальная температура элемента °C

Количество элементов

Назад Далее

Рисунок 6.3 – Форма для введения данных теплонагруженных

Пример ввода данных показан на рисунке 6.4.

1

Название элемента

Мощность, что рассеивается элементом Вт

Площадь поверхности элемента м²

Максимальная температура элемента °C

Количество элементов

Назад Далее

Рисунок 6.4 – Форма с введенными данными теплонагруженного элемента

После нажатия кнопки «Расчёт», будет выведен на экран: результат расчета -название элемента, температуру нагретой зоны и максимальную температуру элемента (рисунок 6.5).

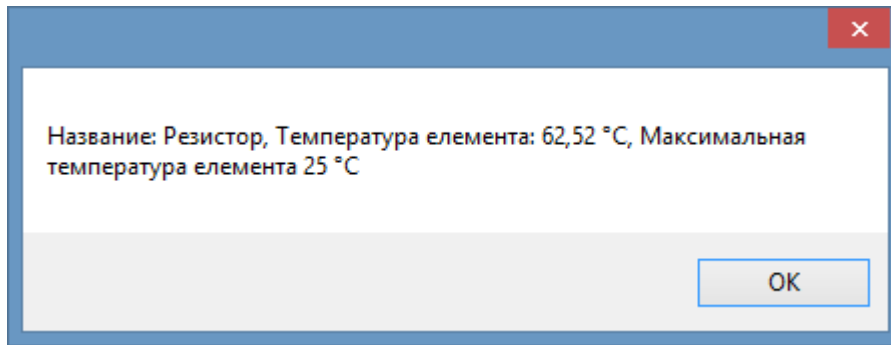


Рисунок 6.5 – Результат расчета

Формулы для расчёта теплового режима печатного узла (6.1-6.3).

Формула для розрахунку питомої потужності елемента (25).

$$q_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{ел}}}{S_{\text{ел}}}, \quad (6.1)$$

где $q_{\text{ел}}$ – удельная мощность элемента, Ватт/м²;

$P_{\text{ел}}$ – мощность, что рассеивается элементом, Ватт;

$S_{\text{ел}}$ – площадь поверхности элемента, м².

Формула для расчета перегрева поверхности элемента

$$\theta_{\text{ел}} = \theta_3 \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{n_{\text{ел}} \times q_{\text{ел}}}{q_3} \right), \quad (6.2)$$

где $\theta_{\text{ел}}$ – перегрев поверхности элемента, °C;

$n_{\text{ел}}$ – количество соответствующих элементов,

$q_{\text{ел}}$ – удельная мощность элемента, Ватт/м²;

q_3 – удельная мощность нагретой зоны блока, Ватт/м².

Формула для расчета температуры поверхности элемента.

$$T_{\text{ел}} = \theta_{\text{ел}} + T_{\text{нс}}, \quad (6.3)$$

где $T_{\text{ел}}$ – температура поверхности элемента, °C;

$T_{\text{нс}}$ – температура окружающей среды, °C;

$\theta_{\text{ел}}$ – перегрев поверхности элемента, °C.

Список литературы

Основные источники:

- 1 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Под ред. Шахнова В.А., Из-во МГТУ им.Баумана, М., 2002, с.524.
- 2 Муромцев Д.Ю. Белоусов О.А. Компьютерные технологии для расчета тепловых режимов и механических воздействий, Из-во ТГТУ, Тамбов, 2012, с. 88.
- 3 Белянин Л.Н. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности, Из-во ТПУ, Томск, с.77.

Дополнительные источники:

- 1 Панков Л.Н. Асланянц В.Р. Долгов Г.Ф. Основы проектирования Электронных средств, Владимир, 2007, с.236.
- 2 Домнич В.И. Конструирование РЭС. Тепловлагозащита, Киев 1993, с.246.