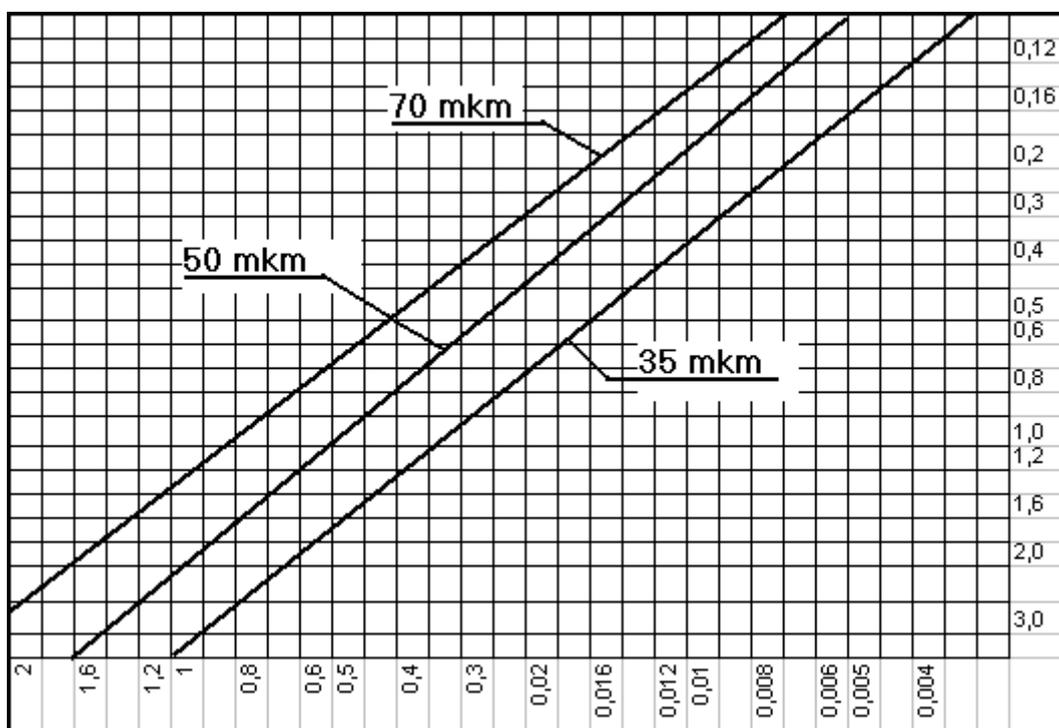
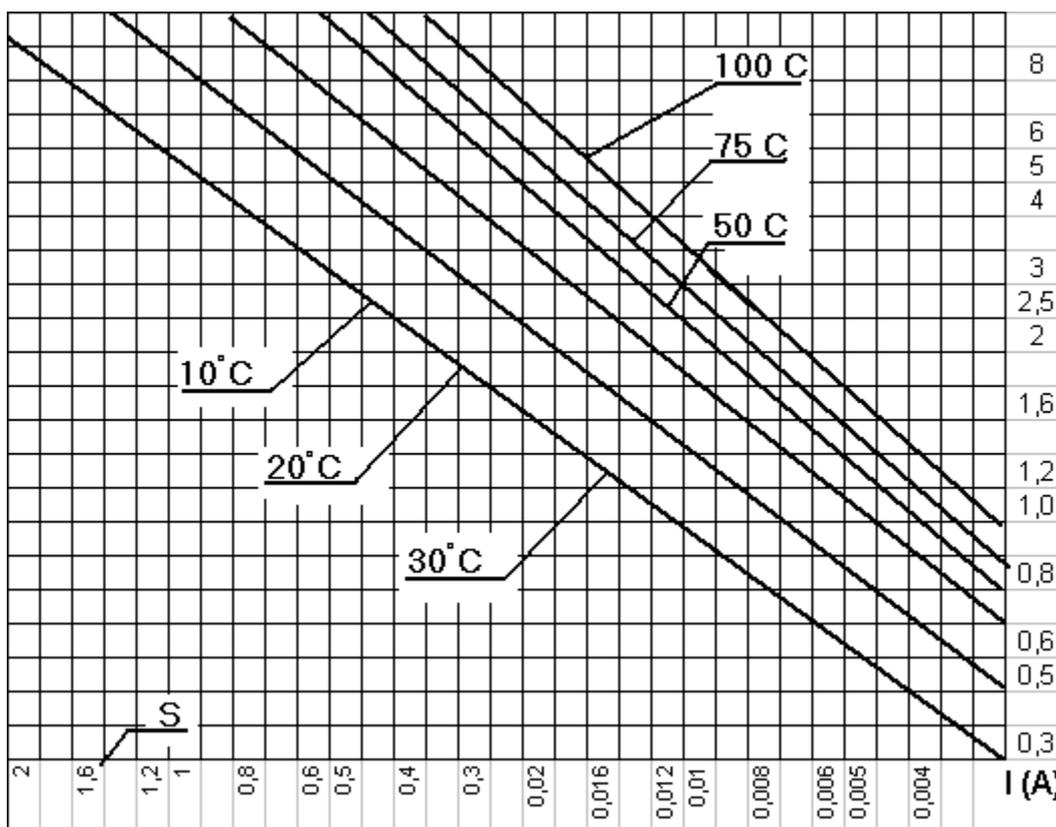


- Основные параметры (размеры и допустимые отклонения) проводников и зазоров между элементами проводящего рисунка оговорены в ГОСТ 23.751-86 и непосредственно зависят от принятого класса точности печатных плат.
- Минимальная ширина проводников и величина зазоров - основные факторы, влияющие на трассировочную способность печатной платы. Однако это относится только к слаботочным цепям, для которых сечение печатных проводников, исчисляемое величиной порядка  $0,005 \text{ мм}^2$ , не является ограничением. Но на ПП часто присутствуют цепи, несущие достаточно большие токовые нагрузки. Их следует конструировать не с минимальными значениями печатных проводников, а с учетом конкретной токовой нагрузки из условий исключения опасного перегрева этих проводников. Кроме того, не исключено, что смежные проводники будут находиться под высоким потенциалом, поэтому зазоры между ними должны выдерживать соответствующее напряжение.
- ГОСТ 23.751-86 устанавливает допустимую токовую нагрузку на элементы проводящего рисунка, выполненные из медной фольги, -  $100 - 250 \text{ А/мм}^2$ . Обычно нижний предел принимается для внутренних проводников многослойных печатных плат, а верхний - для наружных слоев. Считается, что теплообмен проводников на наружных слоях лучше и что они способны пропускать большие токовые нагрузки без опасного перегрева. Конкретные размеры печатных проводников в зависимости от токовой нагрузки либо рассчитывают, используя приведенные данные, либо выбирают по номограмме, в которой представлены различные значения перегрева в условиях естественной конвекции для одиночных печатных проводников постоянной ширины, расположенных на наружных слоях и на расстоянии, равном ширине проводника.





Величину допустимой токовой нагрузки, полученную по номограмме, следует скорректировать:

- для печатных проводников, расположенных на расстоянии больше своей ширины, увеличить на 15%;
- для печатных проводников на платах, выполненных по полуаддитивной технологии, уменьшить на 25%;
- для печатных проводников на платах, выполненных по аддитивной технологии, уменьшить вдвое.
- В ряде случаев, чтобы оценить нагрузочную способность печатных проводников, достаточно помнить, что проводник толщиной 35 мкм (а это наиболее распространенная толщина) и шириной 1 мм при перегреве в 20 С пропускает ток в 3 А. С помощью этих данных легко рассчитать нагрузочную способность проводников любой ширины. Но повторяем, что это оценочный расчет.
- Минимальные зазоры между элементами проводящего рисунка (т.е. зазоры между любыми металлизированными элементами печатной платы) определяются с основным технологией печатных плат и допустимыми напряжением между соседними (смежными) элементами. Значения максимально допустимого рабочего напряжения между элементами рисунков зависимости от условий от условий эксплуатации для печатных плат, изготовленных из фольгированного текстолита представлены в таблице:

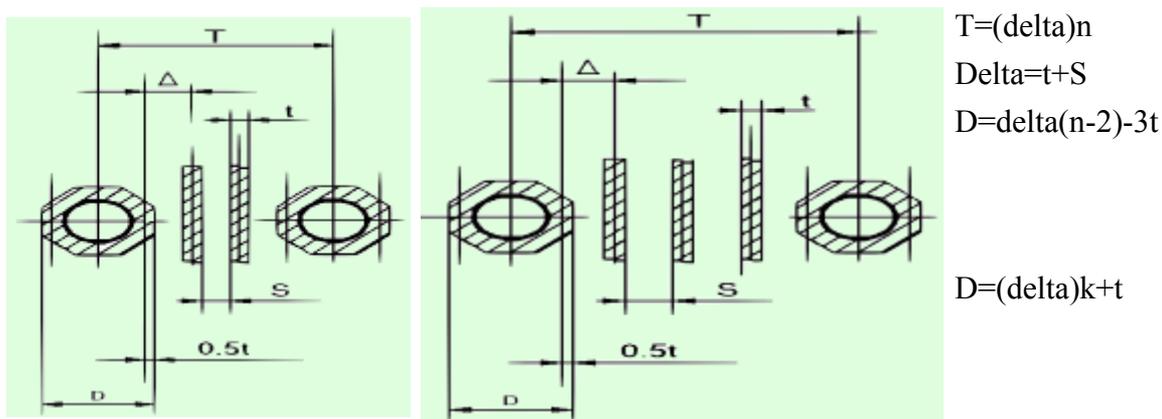
Расстояние между элементами проводящего рисунка, не менее	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,2	2
Нормальные условия	25	50	150	300	400	600	830
Относительная влажность 93% при температуре 40 С	15	30	100	200	300	360	430
Пониженное атмосферное давление 660 Па (5 мм рт.ст.)	10	30	50	80	100	130	160

- Более полные данные по допустимым напряжениям для других условий эксплуатации вы найдете в ГОСТ 23.751-86.

- В слаботочной и низковольтной аппаратуре (а это большинство устройств, построенных с применением цифровых и аналоговых микросхем) ширина печатных проводников и зазоры выбираются минимальными для технологии и конструкции изделия. Эти данные для ПП различных классов точности и нескольких вариантов изготовления содержатся в таблице:

Класс точности	Ширина проводника, мм			Минимальный зазор, мм
	Номинальное значение	Минимальное значение		
		без покрытия	с покрытием	
1	0,75	0,6	0,55	0,75
2	0,45	0,35	0,35	0,45
3	0,25	0,2	0,15	0,25
4	0,15	0,12	0,1	0,15
5	0,1	0,07	0,07	0,1

- Кроме того, размеры (ширина) печатных проводников, зазоры между ними и величина допусков влияют на шаг трассировки. Формально на печатной плате возможен любой шаг трассировки, но для получения максимальной трассировочной способности необходимо его согласовать с шагом металлизированных отверстий. На рисунке изображен фрагмент печатной платы с нанесенной сеткой трассировки (с координатной сеткой), на котором видно, что почти все параметры проводников, зазоров и контактных площадок связаны между собой и с шагом металлизированных отверстий.



- Обычно шаг трассировки выбирается кратным шагу отверстий. Точнее, шаг между отверстиями должен быть равен целому числу шагов трассировки проводников.
- Именно поэтому нежелательно иметь на печатной плате группы отверстий с различными шагами, но на сегодняшний день одновременное использование элементов с разными шагами стало правилом, а не исключением. Чаще всего на одной плате компонуются элементы с метрическим и дюймовым шагами выводов. В подобной ситуации можно ориентироваться на шаг большинства элементов. В затруднительных случаях лучше взять за основу шаг отверстий у элементов, размещаемых в центральной части печатной платы. Именно в этой области необходимо обеспечить наибольшую трассировочную способность, поскольку трассировка там самая плотная.
- В метрической системе наиболее распространенным считается шаг выводов в 2,5 мм (имеются в виду штыревые выводы). Это основной шаг при формовке выводов многих навесных элементов, включенных в ОСТ 4.010.030-81 или ОСТ 45.010.030-92, в соответствии с ГОСТ 29137-91. Для шага металлизированных отверстий, равного 2,5 мм, можно принять шаг трассировки 2,5; 1,25; 0,625; 0,5 и 0,3125, а для дюймового шага (2,54 мм) — 2,54; 1,27; 0,635 и 0,3175.

- В таблице приведены минимальные расчетные (теоретические) значения и соответствующие рекомендуемые шаги трассировки, в которых учитывается кратность шага металлизированных отверстий.

Класс точности	1	2	3	4	5
Проводники без покрытия	0,75 $\pm$ 0,15	0,45 $\pm$ 0,1	0,25 $\pm$ 0,05	0,15 $\pm$ 0,03	0,1 $\pm$ 0,03
Проводники с покрытием	0,75 $\begin{matrix} +0,25 \\ -0,2 \end{matrix}$	0,45 $\begin{matrix} +0,15 \\ -0,1 \end{matrix}$	0,25 $\pm$ 0,1	0,15 $\pm$ 0,05	0,1 $\pm$ 0,03
Минимальный зазор	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
Расчетный шаг трассировки	1,65	1,0	0,55	0,35	0,23
Рекомендуемый шаг трассировки	2,5	1,25	0,625	0,5	0,3175
	2,54	1,27	0,635		0,31175