

# Электромагнитная совместимость. Материалы производства компании 3М

**Андрей Григоревский**, менеджер по продажам, ООО "Филур Электрик, ЛТД"  
E-mail: [filur9@ndiasb.kiev.ua](mailto:filur9@ndiasb.kiev.ua)

**Быстрее, меньше, легче, проще – бурное развитие рынка электроники в наши дни требует новых решений для новых значимых проблем.**

Эти решения включают в себя новые материалы для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), с помощью которых можно контролировать электромагнитные излучения (ЭМИ) от внутренних источников, ограничить восприимчивость ЭМИ от внешних источников, а также помочь производителям обеспечить соответствие изготавливаемой техники высоким мировым стандартам.

Материалы ЭМС могут защитить и предоставить возможность нормального функционирования электронных и электрических компонентов, начиная с процесса производства и заканчивая готовым изделием. Эти материалы обеспечивают ЭМС, экранирование или поглощение ЭМИ, заземление чувствительных электронных компонентов и плат, механическую защиту, защиту кабелей, проводящие свойства и т.д. Также эти материалы обеспечивают маскирование и защиту печатных плат и других изделий во время производственного процесса, в то же время минимизируя риск поражения статическим разрядом.

Компания 3М представляет широкий ассортимент экранирующих лент и поглощающих материалов, материалы для изготовления прокладок и уплотнителей, а также антистатические и высокотемпературные ленты.

## 3М ЭКРАНИРУЮЩИЕ ЛЕНТЫ

### Гладкие фольговые основы с токопроводящим адгезивом

Основы 3М™ экранирующих лент **1170** (алюминий), **1181** (медь) и **1183** (луженая оловом медь) выполнены из гладкой фольги, которые устанавливают надежный электрический контакт с сопрягаемой поверхностью посредством уникального адгезива. Распределенные в адгезиве токопроводящие частицы обеспечивают множество низкоомных дорожек между основой и подложкой. (рис. 1).

### Рифленные фольговые основы

Основы лент **1245** (медь), **1267** (алюминий) и **1345** (луженая оловом медь)

выполнены теснением гладкой основы (рис. 2), которая проникает через акриловый адгезив, для обеспечения прямого электрического контакта с сопрягаемой поверхностью. Такая надежная «сквозь-адгезивная» система проводимости обеспечивает стабильное контактное сопротивление и высокий уровень эффективности экранирования.

### Луженые фольговые основы

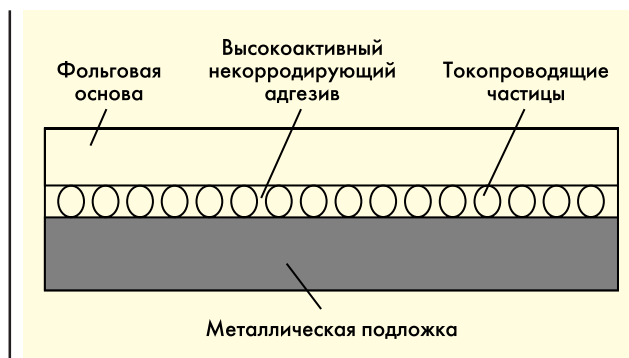
Медь, используемая в экранирующих лентах 3М **1183** (гладкая основа) и **1345** (рельефная основа), облужена оловом с обеих сторон для обеспечения исключительной паяемости и сопротивления коррозии и окислению. Кроме того, эти ленты сохраняют проводимость после окисления.

### Основа из металлизированной ткани

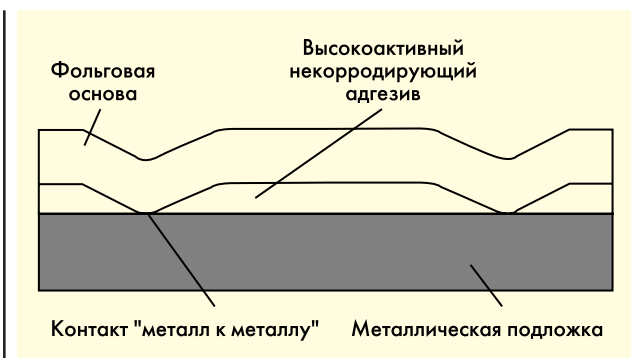
Комбинация основы, выполненной из полиэстеровой ткани, покрытой медью (Flectron® от Monsanto Co.), и токопроводящего адгезива 3М (рис. 1) делает 3М **1190** уникально легкой экранирующей лентой с исключительной проводимостью, гибкостью и прочностью.

### Основа с проводящим адгезивом с обеих сторон

3М **1182** – медная фольговая лента, покрытая с обеих сторон токопро-



**Рисунок 1** Гладкая фольговая основа с токопроводящим адгезивом



**Рисунок 2** Рифленая фольговая основа со «сквозь-адгезивным» контактом



**Рисунок 3** Комплект экранирующих лент для разработчика



**Рисунок 4** Экранирование трансформаторов и соединителей

водящим акриловым адгезивом. Эта уникальная конструкция предлагает превосходный метод заземления и соединения проводящих поверхностей. Она также демонстрирует низкое тепловое сопротивление. Лента 1182 снабжена съемным лайнером на каждой стороне для простоты обработки.

**Гладкая фольговая основа с непроводящим адгезивом**

ЗМ 1194 – лента, выполненная из гладкой медной основы. Как и другие фольговые ленты ЗМ, она изготовлена с использованием высококачественного, стойкого к растворителям, акрилового адгезива. Хорошая паяемость делает эту ленту экономичным выбором для таких применений, как экранирование разъемов и кабелей, заземление, электростатическое экранирование между обмотками трансформатора, внешняя обертка для трансформаторов.

**Адгезив**

Обе, проводящая и непроводящая, версии адгезива выполнены из одной и той же безкислотной, стойкой к коррозии акриловой смолы.

**Комплект экранирующих лент для разработчика**

Экранирующие ленты ЗМ имеют множество применений при разработке и в испытательных лабораториях.

Комплект содержит полную линейку ЗМ экранирующих лент. Разработанный специально для того, чтобы компании могли обеспечить каждого своего инженера индивидуальным набором, комплект делает специфицирование, макетирование, поиск неисправностей, испытание и ремонт быстрее и проще. Компактная коробочка диспенсера (10 x 10 x 22 см) служит настольным справочником по лентам. На панелях коробки предоставлена основная техническая информация по каждой

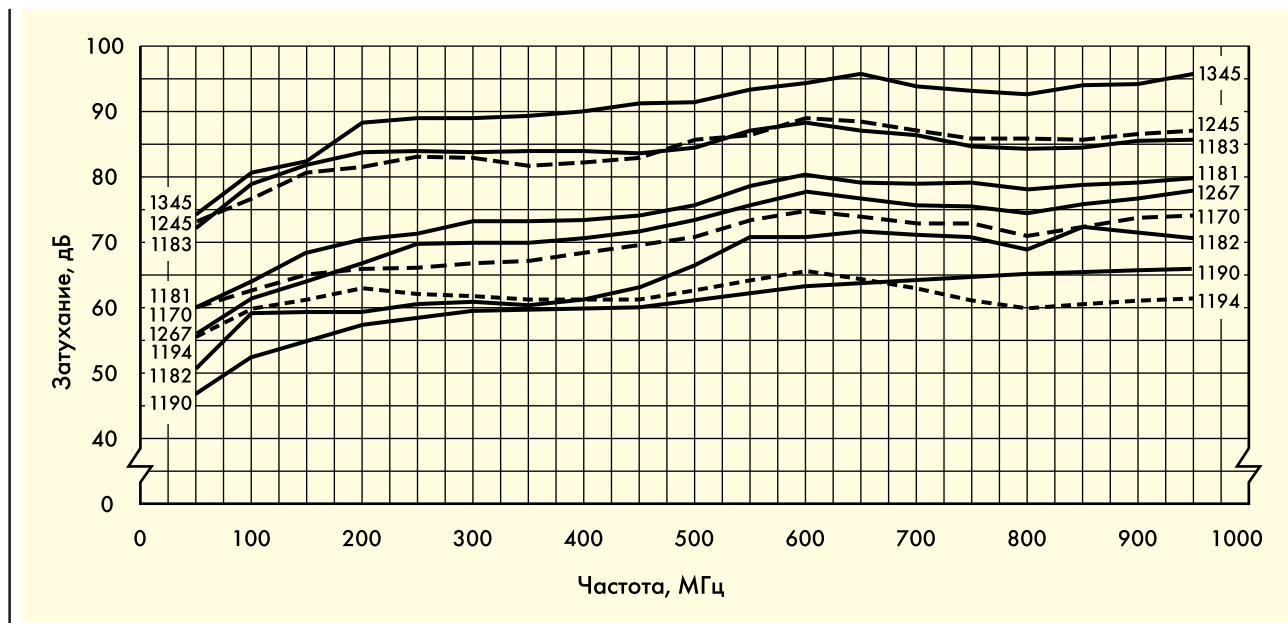
ленте, включая номер изделия, тип основы и адгезива, толщину, адгезию, сопротивление, и экранирующую эффективность (рис. 3).

**Типичные применения экранирующих лент**

ЗМ экранирующие ленты используются как заземляющие поверхности или экраны для электронных кабелей и соединителей. Для обеспечения замкнутого экрана лента соединяется с проводящим кожухом кабеля и металлическим фланцем соединителя.

ЗМ экранирующие ленты обычно используются между обмотками катушки трансформатора для уменьшения электростатической связи и вокруг внешней стороны катушек, реле и других компонентов для предотвращения широкополосных электромагнитных шумов (рис. 4).

Экранирующие ленты обеспечивают эффективное, экономичное экранирование швов и апертур в экранированных комнатах, обеспечивают надежную, длительную контактную поверхность для проводящих прокладок для экранирования электромагнитных шумов дверей и панелей электронных шкафов и камер. Все ЗМ экранирующие ленты снабжаются лайнерами для простоты обработки и вырезания пресс-формой. ЗМ экранирующие ленты хорошо подходят для применений, требующих надежного точечного электрического контакта, особенно экранирования электромагнитных шумов, заземления и стекания статических зарядов.



**Рисунок 5** Экранирующая эффективность (дальнее поле) некоторых типов фольговых лент, типовые значения (ASTM-D-4935)

Таблица 1. Экранирующие ленты

Тип ленты	Основа	Адгезив	Общая толщина, мм	Сопротивление, Ом/25 мм <sup>2</sup>	Адгезия к стали, Н/см	Сертификация
<b>Алюминиевая фольга</b>						
1120	Алюминиевая фольга 0.051 мм	Акриловый токопроводящий	0.102	0009	3.9	UL 510
1170	Алюминиевая фольга 0.051 мм	Акриловый токопроводящий	0.081	0.01	3.8	UL 510
AL-25BT	Алюминиевая фольга 0.025 мм	Акриловый токопроводящий	0.061	0.01	3.4	UL 510
AL-25DC	Алюминиевая фольга 0.025 мм	Акриловый токопроводящий с двух сторон	0.084	0.035	3.4	
AL-50BT	Алюминиевая фольга 0.051 мм	Акриловый токопроводящий	0.079	0.01	3.4	UL 510
<b>Алюминиевая фольга, ламинированная полиэфировой пленкой</b>						
AL-36FR	Алюминиевая фольга 0.025 мм + полиэфировая пленка	Акриловый токопроводящий	0.061	0.02	2.4	UL 510
AL-36NC	Алюминиевая фольга 0.025 мм + полиэфировая пленка	Акриловый, не проводящий ток	0.055	–	2.2	
AL-37BLK	Алюминиевая фольга 0.025 мм + черная полиэфировая пленка	Акриловый токопроводящий	0.071	0.05	3.4	UL 510
AL-40BLK	Алюминиевая фольга 0.025 мм + черная полиэфировая пленка	Акриловый токопроводящий	0.071	0.05	3.4	UL 510
<b>Медная фольга</b>						
1125	Медная фольга 0.036 мм	Акриловый, не проводящий ток	0.089	–	4.4	UL 510
1126	Медная фольга 0.036 мм	Акриловый токопроводящий	0.089	0.003	3.9	MIL-T-47012
1181	Медная фольга 0.036 мм	Акриловый токопроводящий	0.066	0.005	3.8	UL 510
1182	Медная фольга 0.036 мм	Акриловый токопроводящий с двух сторо	0.089	0.01	3.8	UL 510
1183	Луженая медная фольга 0.036 мм	Акриловый токопроводящий	0.066	0.005	3.8	UL 510
1194	Медная фольга 0.036 мм	Акриловый, не проводящий ток	0.066	–	4.4	UL 510
<b>Рифленая фольга</b>						
1245	Рифленая медная фольга	Акриловый, не проводящий ток	0.102	0.001	3.8	UL 510
1267	Рифленая алюминиевая фольга	Акриловый, не проводящий ток	0.127	0.005	3.8	UL 510
1345	Луженая медная рифленая фольга	Акриловый, не проводящий ток	0.102	0.001	4.9	UL 510
3245	Рифленая медная фольга	Акриловый, не проводящий ток	0.150	0.001	5.0	UL 510
<b>Металлизирующая ткань</b>						
1190	Полиэфировая ткань, покрытая медью	Акриловый токопроводящий	0.152	0.005	3.3	
2191FR	Полиэфировая ткань, покрытая никелированной медью	Акриловый токопроводящий	0.14	0.003	2.1	UL 510
AG-2300	Полиэфировая ткань, покрытая серебром	Акриловый токопроводящий	0.11	0.005	3.4	
AU-2190	Полиэфировая ткань, покрытая золотом	Акриловый токопроводящий	0.11	0.005	3.4	
X-7001	Полиэфировая ткань, покрытая медью	Акриловый токопроводящий с двух сторон	0.11	0.015	6.4	

**Экономичное экранирование электромагнитных шумов**

Ленты способны экранировать компоненты, предотвращая интерференцию с другими цепями. Они также могут использоваться для изолирования случайных сигналов в окружающей среде, чтобы защитить чувствитель-

ное оборудование. Типичные применения включают экранирование дверей электронных шкафов и панелей, отдельных электронных компонентов и кабелей. Простота установки, предлагаемая чувствительным к давлению адгезивом, экономит трудозатраты и обеспечивает рентабельное, долгосрочное экранирование.

**Поиск неисправностей и макетирование**

ЗМ экранирующие ленты также упрощают эмпирический аспект поиска неисправностей. Когда источник утечки электромагнитных излучений локализован, экранирующая лента легко и эффективно решает проблему.

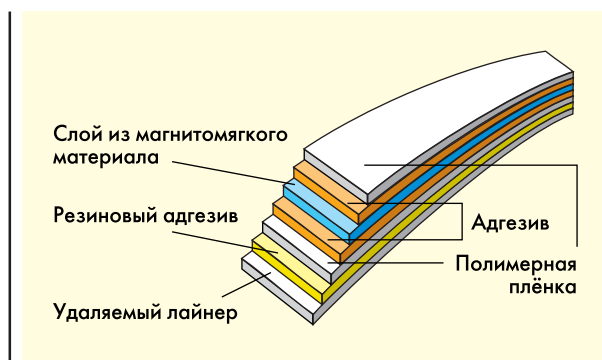


Рисунок 6 Структура ленты 1380

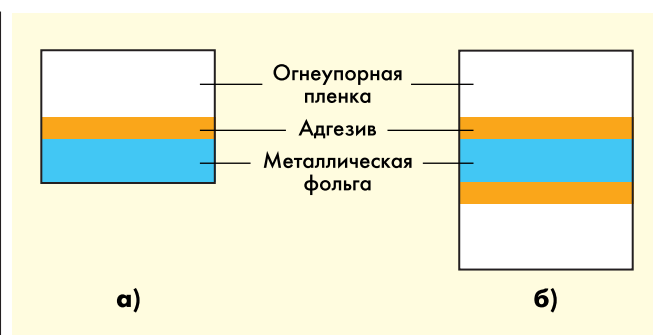
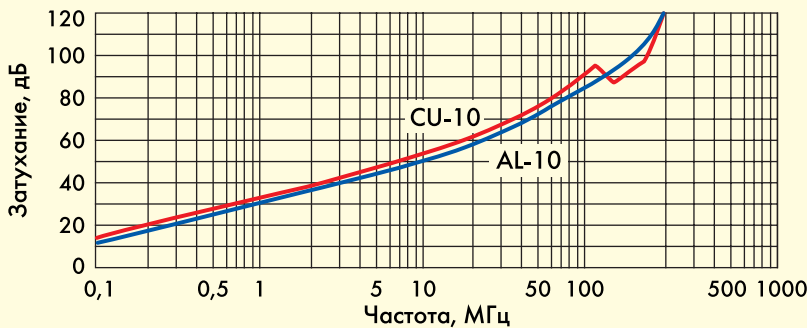
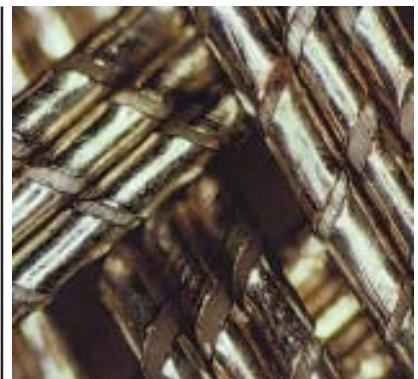


Рисунок 7 Структура экранирующих листов: а) – AL-10S и CU-10S б) – AL-1010S и CU-1010S



**Рисунок 8** Экранирующие характеристики листов серии AL-10 и CU-10



**Рисунок 9** Конструкция оплетки серии DS и FS

Ленты имеют множество применений при разработке электронных изделий, в испытательных лабораториях и в лабораториях контроля качества для поиска неисправностей и моделирования. Превосходный инструмент для таких применений – ЗМ Комплект экранирующих лент для разработчика (рис. 3).

### Дренаж статического заряда

Эти ленты также предлагают простой способ устранить потенциально опасное накопление статического заряда на твердотельных устройствах, катодно-лучевых трубках и периферийных компьютерных устройствах. Надежное соединение и превосходная «сквозь-адгезивная» проводимость обеспечивают надежное заземление.

### Быстрота и простота в эксплуатации

Для получения наилучших результатов обрабатываемая поверхность должна быть чистой и сухой. Для получения наибольшего электрического и физического контакта к подложке важно создать

необходимое давление (в общем случае 3.5 – 7.0 Н/см<sup>2</sup>) и правильно позиционировать ленту при первом применении.

Доступна полная линия стандартных диспенсеров, включая три машины, отлично подходящих для применения экранирующих лент. Эти диспенсеры разработаны для работы с различными ширинами лент и могут поставляться с приспособлениями для удаления лайнера.

В табл. 1 приведен полный спектр экранирующих лент производства компании ЗМ.

На рис. 5 приведены экранирующие характеристики некоторых типов лент

### ЗМ ЭКРАНИРУЮЩИЕ ЛИСТЫ И ПЛЕНКИ

Применяются ЗМ экранирующие листы и пленки, в основном, при производстве печатных плат. Обеспечивают превосходное подавление ЭМИ, обладают малым весом, высокой упругостью и просты в применении.

ЗМ магнитная экранирующая лента 1380 с высокой магнитной проницаемостью состоит из магнитомягкого ли-

ста, расположенного между слоями полиэтилентерефталатной (ПЭТ) полимерной пленки и покрыт уникальным термоусаживаемым резиновым адгезивом (рис. 6).

Лента 1380 типично используется для применений, требующих высоких магнитных экранирующих свойств на низкой частоте. Основные применения экранирования на низкой частоте – мобильные телефоны, персональные компьютеры, ЭЛТ и т.д. Типовые свойства приведены в табл. 2.

**Экранирующие листы AL-10S и AL-1010S** состоят из облегченной алюминиевой фольги с покрытием эпоксидной огнеупорной пленкой с одной или с обеих сторон. **Экранирующие листы CU-10S и CU-1010S** состоят из облегченной медной фольги с покрытием эпоксидной огнеупорной пленкой с одной или с обеих сторон. Эти листы находят свое применение при экранировании с изолированием для печатных плат, экранировании с изолированием между платами. Конструкция листов приведена на рис. 7, типовые свойства приведены в табл. 3, экранирующие характеристики приведены на рис. 8.

**Таблица 2. Типовые свойства ленты 1380**

Свойства	Продукты	
	Лента 1380	Текстурированная кремнистая сталь (для ориентирования)
<b>Типовые значения для продуктов</b>		
Общая толщина	0.3	0.35
<b>Типовые значения для магнитного слоя</b>		
Толщина, мм	0.02	0.35
Плотность магнитного потока, Т	1.23	1.83
Максимальная магнитная проницаемость при $f = 50$ Гц	100000	60000
Плотность, г/см <sup>3</sup>	7.3	7.65
Удельное сопротивление, мкОм × м	1.2	0.48

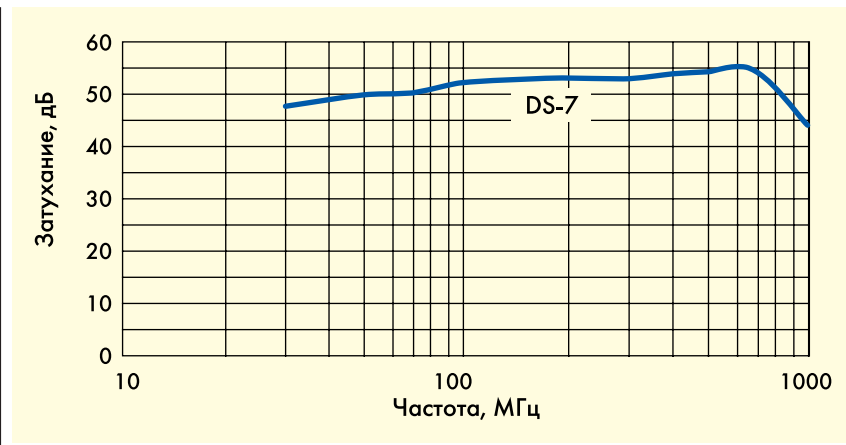
**Таблица 3. Типовые свойства листов серий AL-10 и CU-10**

Свойства	AL-10S	AL-1010S	CU-10S	CU-1010S
Толщина фольги, мм	0.05	0.05	0.035	0.035
Общая толщина, мм	0.2	0.35	0.17	0.30
Напряжение на пробой	6 кВ для одной стороны			
Огнеупорность	UL-510			

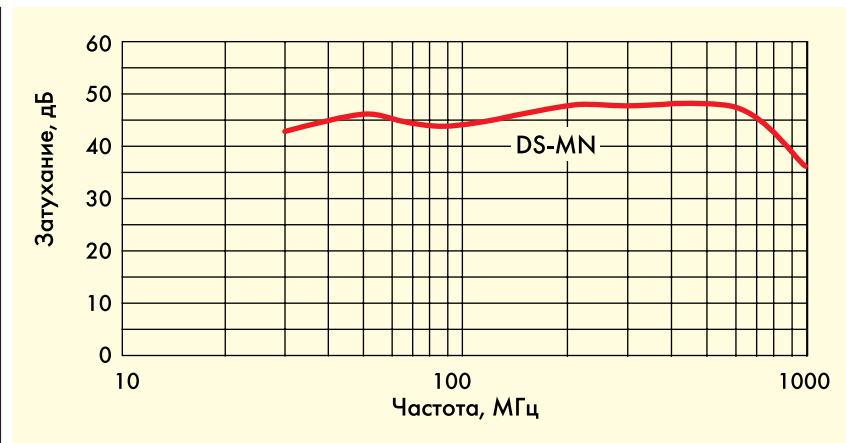
### ЗМ ЭКРАНИРУЮЩИЕ ОПЛЕТКИ

**Экранирующая оплетка серий DS и FS** состоит из переплетенных стекловолоконных нитей, обмотанных луженой медью (рис. 9). Экранирующие оплетки серий DS и FS обладают высокой упругостью и эффективностью экранирования (рис. 10). Кроме того оплетки серии DS и FS обладают следующими свойствами:

- отсутствие деформирования;
- отличная температурная стабильность;
- пригодность к пайке;
- стойкость к окислению и обесцвечиванию;



**Рисунок 10** Экранирующая эффективность оплетки DS-7



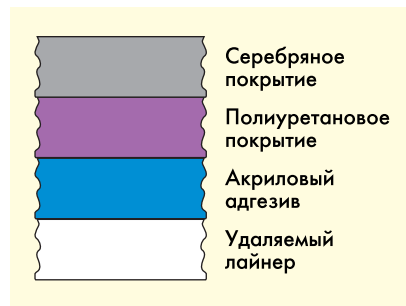
**Рисунок 12** Экранирующая эффективность оплетки DS-MN



**Рисунок 11** Конструкция оплетки серии VA



**Рисунок 13** Экранирование (а) и жгутирование (б) проводов при помощи оплеток

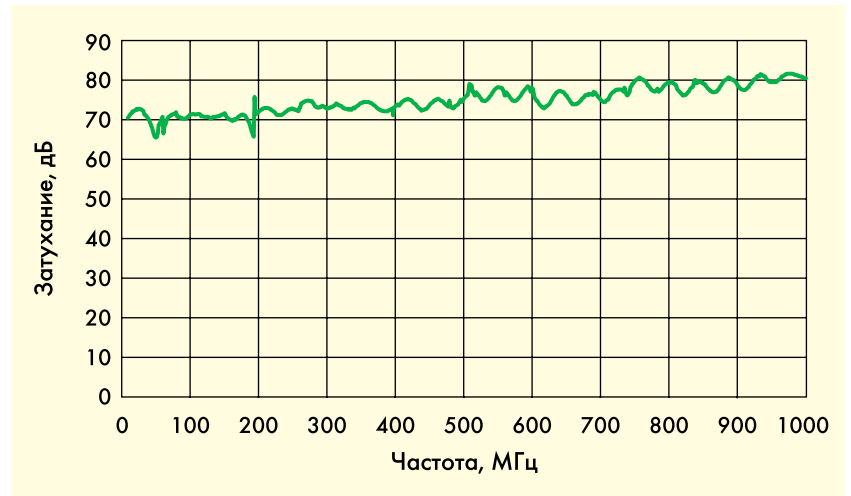


**Рисунок 14** Структура ленты SF-2500

**Таблица 4. Типовые свойства ленты SF-2500**

Свойства	Типовое значение
Цвет (проводящий слой)	Серый металлик
Общая толщина, мм	0.53
Прочность на растяжение <sup>1</sup> , кгс	25/25 мм
Удлинение <sup>1</sup> , %	80
Сила адгезии <sup>1</sup> , гс	700/25 мм
Поверхностное сопротивление <sup>2</sup> , Ом × см <sup>2</sup>	0.1
Эффективность экранирования <sup>3</sup>	См. график

<sup>1</sup> ASTM-D-1000  
<sup>2</sup> MIL-G-83528  
<sup>3</sup> ASTM-D-4935



**Рисунок 15** Эффективность экранирования ленты SF-2500

- огнеупорность по UL VW-1 (UL FR-1), категория продукта UZIQ2, файл E120470.
- высокая эффективность экранирования;
- отсутствие деформирования;
- превосходная упругость;
- низкая цена;
- малый вес;
- пригодность к пайке.

**Экранирующая оплетка серии VA** состоит из переплетенных полиэфирных нитей и полиэфирных нитей, обмотанных луженой медью (рис. 11) и об-

ладают следующими свойствами:



**Рисунок 16** Структура ленты CS-2400

**Таблица 5.** Типовые свойства ленты CS-2400

Свойства	Типовое значение
Цвет (проводящий слой)	Темно-коричневый
Общая толщина, мм	0.5
Прочность на разрыв <sup>1</sup> , кгс	7/25 мм
Сила адгезии <sup>1</sup> , гс	800/25 мм
Проводимость через адгезив <sup>2</sup> , Ом	0.05
Поверхностное сопротивление <sup>3</sup> , Ом × см <sup>2</sup>	0.2
Объемное удельное сопротивление <sup>3</sup> , Ом × см	0.01
Эффективность экранирования <sup>4</sup>	См. график

<sup>1</sup> ASTM-D-1000

<sup>2</sup> MIL-STD-202 Method 307 измерение при давлении 3.4 Н/см<sup>2</sup> на площади 1 кв. дюйм

<sup>3</sup> MIL-G-83528

<sup>4</sup> ASTM-D-4935

Эффективность экранирования представлена на рис. 12.

Экранирующие оплетки находят свое применение в экранировании кабелей в автоматизированном оборудовании, метрологии, системах передачи данных, а так же для жгутирования проводов (рис. 13 а, б).

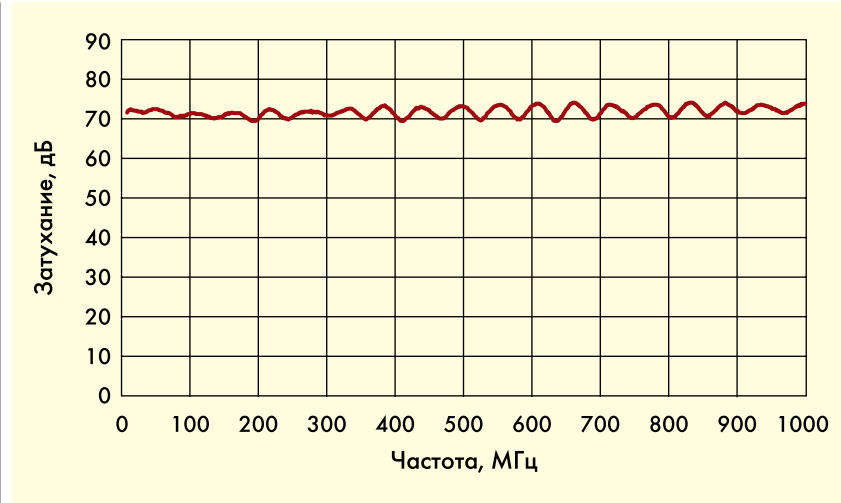
### 3М ЛЕНТЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭКРАНИРУЮЩИХ ПРОКЛАДОК И УПЛОТНИТЕЛЕЙ

Данный вид материалов представлен двумя типами лент SF-2500 и CS-2400.

**3М лента SF-2500. Экранирующая упругая прокладка.** Состоит из (рис. 14):

- проводящего вспененного полиуретана, ламинированного полиэстеровой пленкой;
- акрилового адгезива, чувствительного к надавливанию;
- поставляется с удаляемым лайнером для удобства обработки.

Типовые свойства ленты SF-2500 представлены в табл. 4, эффективность экранирования представлена на рис. 15.



**Рисунок 17** Эффективность экранирования ленты CS-2400

**3М лента CS-2400. Токопроводящий силикон.** Состоит из (рис. 16):

- проводящего силиконового слоя;
  - нетканого полотна;
  - акрилового проводящего адгезива;
- Поставляется с удаляемым лайнером для удобства обработки и вырезания пресс-формой.

Типовые свойства ленты CS-2400 представлены в табл. 5, эффективность экранирования представлена на рис. 17.

Обе ленты CS-2400 и SF-2500 применяются для изготовления прокладок и уплотнителей в различных электронных изделиях, электрических шкафах, корпусах и конструктивах для обеспечения эффективного экранирования и амортизирования механических воздействий. Один из способов применения приведен на рис. 18.

### 3М ПОГЛОТИТЕЛИ

**Поглотители серии АВ-2000** состоят из силиконовой резины с магнитным наполнителем, покрытой акриловым адгезивом и удаляемым лайнером для

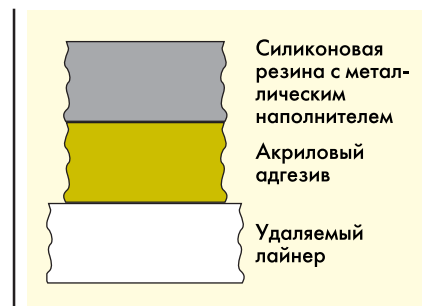
удобства обработки (рис. 19). Поглотители серии АВ-2000 обычно используются для применений, требующих поглощения электромагнитных излучений. Эти поглотители достаточно эффективно подавляют электромагнитные шумы, излучаемые электронными устройствами, в широком диапазоне частот (до 18 ГГц). Используются поглотители в основном в таких устройствах как мобильные телефоны, усилители, носимое оборудование и т.д. Механизм экранирования поглотителей заключается в преобразовании энергии ЭМИ в тепловую, которая распределяется в полости поглотителя. Но, как известно, при падении электромагнитной волны (ЭМВ) на поверхность экрана, образуется три волны – отраженная, прошедшая и поглощенная материалом экрана. В данном случае значением прошедшей волны можно пренебречь, а эффективность экранирования посчитать по следующей формуле:

$$A = 10 \cdot \log \left( \frac{P_{отр}}{P_{пад}} \right),$$

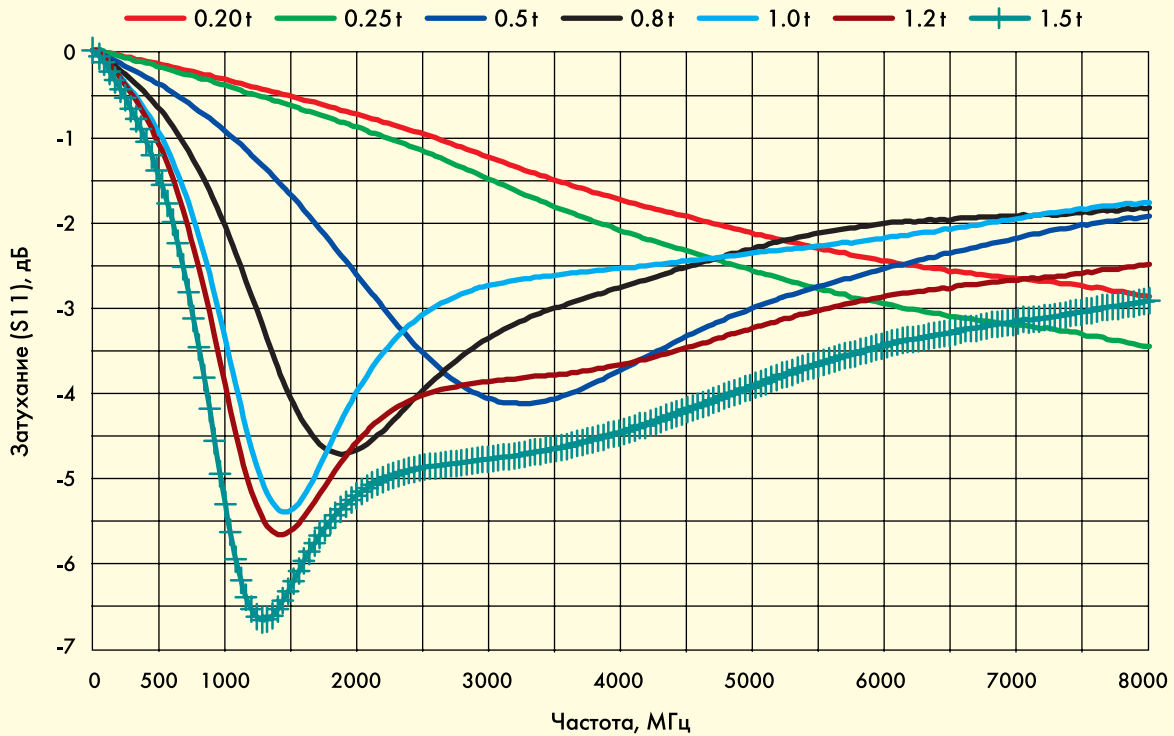
где A – затухание, дБ;



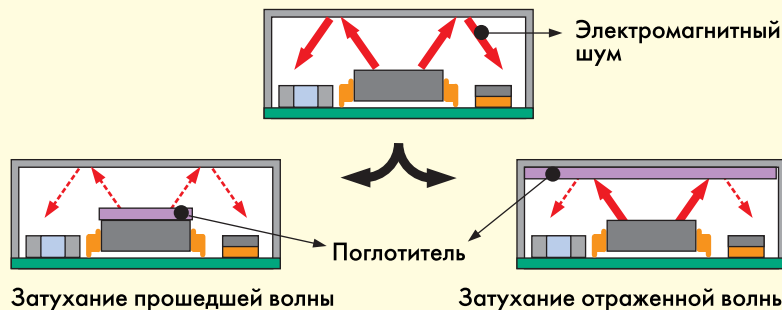
**Рисунок 18** Экранирование и уплотнение ЖКИ индикатора



**Рисунок 19** Структура поглотителей серии АВ-2000



**Рисунок 20** Эффективность экранирования поглотителей серии АВ-2000



**Рисунок 21** Типовые способы применения поглотителей

$P_{отр}$  – мощность отраженной от первой стенки волны, Вт;  
 $P_{пад}$  – мощность падающей волны.

Приведем несколько примеров:

$$-0,5 = 10 \cdot \log\left(\frac{90}{100}\right), \quad 90\% \text{ отражения};$$

$$-3 = 10 \cdot \log\left(\frac{50}{100}\right), \quad 50\% \text{ отражения};$$

$$-7 = 10 \cdot \log\left(\frac{20}{100}\right), \quad 20\% \text{ отражения}.$$

**Таблица 6.** Типовые свойства поглотителей серии АВ-2000

Свойства		Типовое значение	
Тип основы		Силиконовая резина с магнитным наполнителем	
Тип адгезива		Акриловый адгезив (0.1 мм)	
Толщина	AB-2020	0.27	0.2
	AB-2025	0.32	0.25
	AB-2050	0.58	0.5
	AB-2080	0.88	0.8
	AB-2100	1.08	1.0
	AB-2120	1.28	1.2
	AB-2150	1.58	1.5
Прочность на разрыв <sup>1</sup> , кгс		6/25 мм	
Сила адгезии <sup>1</sup> , гс		100/25 мм	
Затухание (S11 потери на отражение) <sup>2</sup>		См. рис. 20	

<sup>1</sup> ASTM-D-1000

<sup>2</sup> 3M/S метод

Типовые свойства поглотителей приведены в табл. 6, а график эффективности экранирования – на рис. 20. Способы применения представлены на рис. 21.

**Более подробную информацию по данной тематике Вы можете получить в компании «Филур Электрик, ЛТД» :**

**03037 Киев,  
 ул. М. Кривоноса, 2А,  
 тел. (044) 249-34-06,  
 факс (044) 249-34-77,  
 e-mail: asin@filur.kiev.ua,  
 http://www.filur.net.**