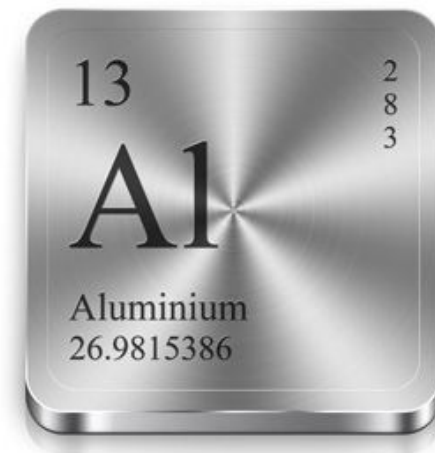
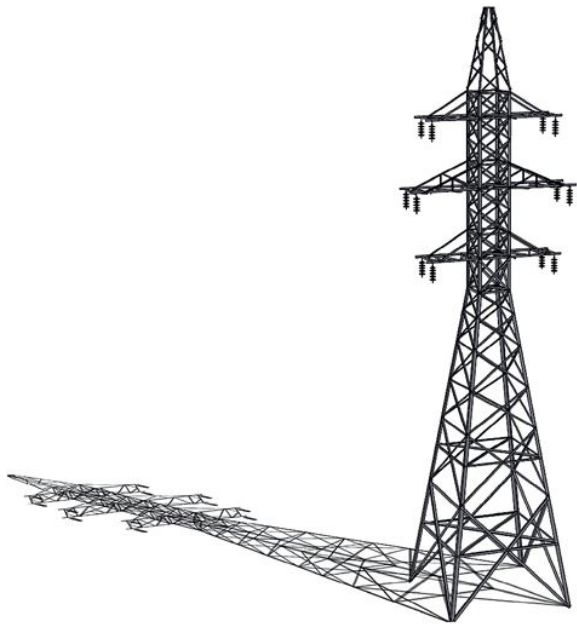


# Применение материалов в кабельных изделиях



# Проводниковые материалы

**медь**  
0,005 %

**алюминий**  
7,5 %

**бронзы**  
сплавы с медью

**сталь**  
Fe + до  
2,14% C

**ОЛОВО**  
лужение

**ЦИНК**  
0,008 %

**НИКЕЛЬ**  
0,010 %

**серебро**

# Свойства основных проводниковых материалов

Параметр	Медь	Алюминий	Стали	Бронзы
Плотность	8,9	2,7	7,8	7,8 — 8,7
$T_{пл.}, ^\circ\text{C}$	1083	660	~ 1500	~ 1 000 — 1 100
$\sigma_{в}, \text{МПа}$	250 — 450 мм      мт	100 — 200 ам      ат	280 - 2500 лэп, оплётка, броня	400 кабельные
$\Delta l, \%$	40 — 1 мм      мт	40 — 1 ам      ат	2,5 — 20 лэп, броня	3 — 4 кабельные
$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$(17 - 18) \cdot 10^{-9}$ мм      мт	$(27 - 28) \cdot 10^{-9}$ ам      ат	$(100 - 140) \times$ $\times 10^{-9}$	$(20 - 22) \cdot 10^{-9}$ Zr      Mg
$\alpha_{\rho}, \text{K}^{-1}$	$(3,9-4,3) \cdot 10^{-3}$	$(4,2-4,3) \cdot 10^{-3}$	$(1 - 4) \cdot 10^{-3}$	

Наклёп — нагартовка, упрочнение

Отжиг: Cu при 500 - 600 °C, Al при 400 - 500 °C (в среде CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>,

# Покрытие проводников

## Олово

- $T_{\text{пл.}} 232 \text{ }^\circ\text{C}$
- $115 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
- для пайки и защиты от резины

## Никель

- $T_{\text{пл.}} 1455 \text{ }^\circ\text{C}$
- $73 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
- нагревостойкость

## Цинк

- $T_{\text{пл.}} 419 \text{ }^\circ\text{C}$
- $55 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
- сердечник ЛЭП

## Серебро

- $T_{\text{пл.}} 961 \text{ }^\circ\text{C}$
- $16 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
- нагревостойкость, для пайки

# Сплавы высокого сопротивления

Параметр	Константан	Манганин	Нихромы
Состав	59%Cu, 40%Ni, 1%Mn	85%Cu, 12%Mn, 3%Ni	~60%Ni, ~20%Cr
Плотность	8,9	8,4	8,4
$T_{пл.}, ^\circ\text{C}$	1260	960	1400
$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$(450 - 500) \cdot 10^{-9}$ М Т	$435 \cdot 10^{-9}$	$\sim 1100 \cdot 10^{-9}$
$\alpha_\rho, \text{K}^{-1}$	0,00002	0,00003	0,00010
ТермоЭДС с Cu, мкВ/К	39	1	2
Применение	термопары, реостаты	точные приборы и резисторы	нагревательные элементы

# Материалы изоляции

## Волокнистые

- бумага
- пряжа
- шёлк
- синтетические  
волокна

## Пластмассы

- PE
- PE-X (XLPE)
- PVC
- PP
- фторопласты

## Резины

- химостойкие
- нагревостойкие
- озоностойкие

## Лаки (эмалевая изоляция)

- полиуретановые
- полиэфирные
- полиимидные
- органосиликатные
- и др.

## Плётки

- фторопласт-4
- полиимидная
- лавсан (PET)

# Основные материалы изоляции

Параметр	Бумага	ПВХ	Сшитый ПЭ	ЭП резина
Плотность	0,7 — 1,1	1,2 — 1,3	0,92	0,86
$T_{\text{длит.}}, ^\circ\text{C}$	50 — 80	70 — 105	90	90
$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	30 — 90	10 — 20	12 — 20	20 — 30
$\Delta l, \%$	от 2 вдоль до 9 поперёк	200 — 300	200 — 500	400 — 600
$\rho_{\text{v}70}, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$\sim 10^{10}$	$\sim 10^{11}$	$\sim 10^{14}$	$\sim 10^{13}$
$(\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta)_{70}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-1}$	$10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
$E_{\text{пр}}, \text{кВ/мм}$	60 — 90 (пропитанная)	25 — 40	20 — 40	30
$\sim E_{\text{раб}}, \text{кВ/мм}$	8 — 20	1,5 — 10	1,5 — 10	н.д.

# Бумажная изоляция

**Кабельная бумага:** целлюлоза  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + NaOH + Na_2S$

**Пропитывающий состав:**

- кабельное масло (нефтяное или синтетическое)
- нестекающий состав (в маркировке Ц)

## Изоляция из х/б пряжи

**Х/б пряжа:** целлюлоза из хлопка (96%)

**Пропитывающий состав**

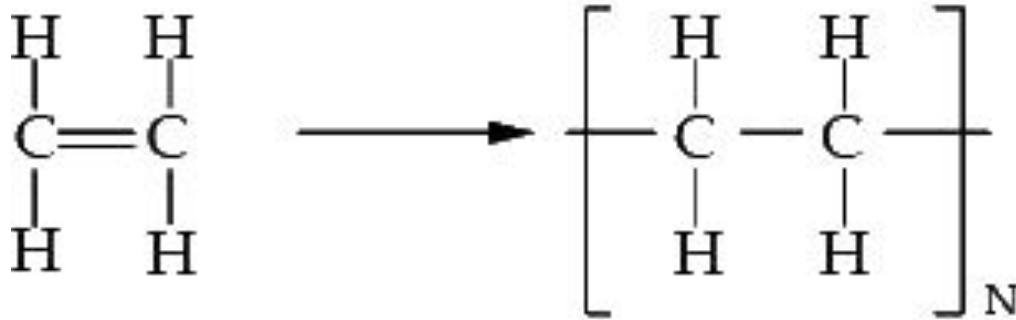
## Шёлковая изоляция

Толщина 50 — 80 мкм





# Полиэтиленовая изоляция



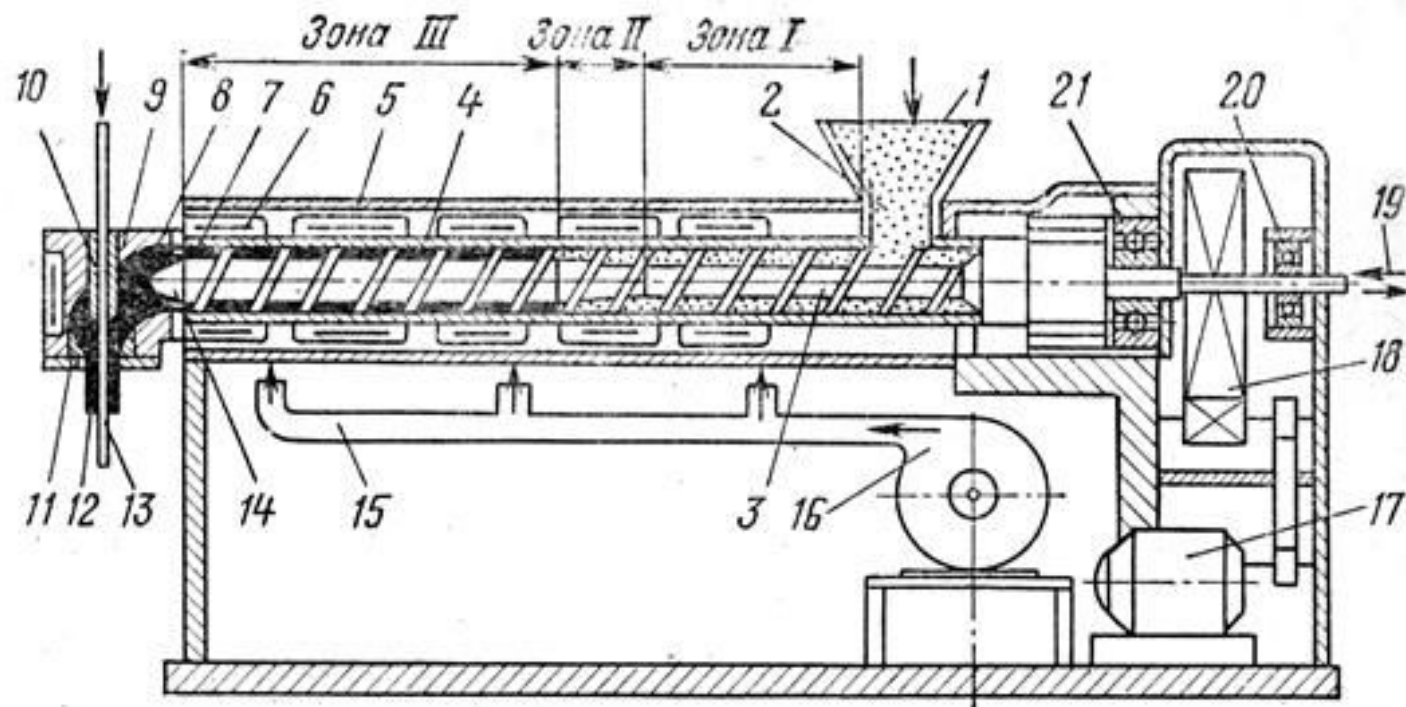
0,95 г/см<sup>3</sup>



0,92 г/см<sup>3</sup>

ПЭ-изоляция в результате экструзии:

- пластикат
- краситель
- стабилизаторы
- антипирены



# Композиции полиэтилена

## **Пенообразующая — вспененная изоляция:**

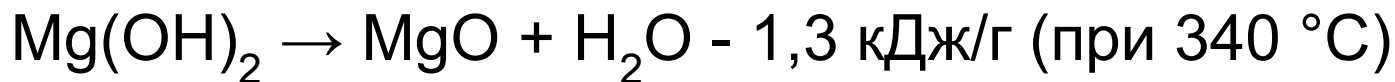
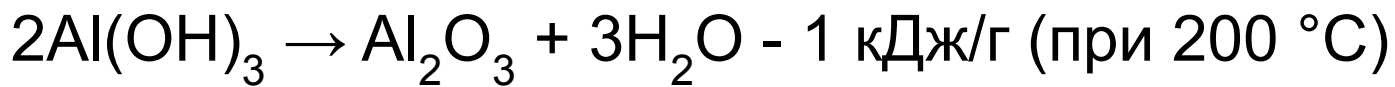
- плотность 0,3 — 0,4
- $\varepsilon = 1,2 — 1,4$

## **Сшиваемые композиции:**

- органические пероксиды (пероксидное сшивание) - PE-Xa
- силаны (силанольное сшивание) - PE-Xb
- для радиационного модифицирования - PE-Xc

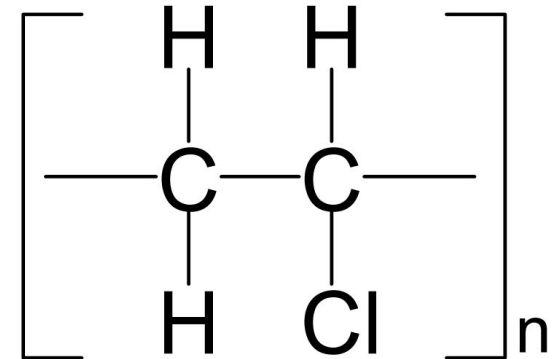
## **Самозатухающие (нг), безгалогенные (HF) и трудногорючие (FR) композиции**

-нг и -FR содержат антипирены:



# ПВХ-изоляция (PVC)

- ПВХ-пластикат (смола)
- пластификатор
- наполнители
- стабилизаторы
- красители
- антипирены



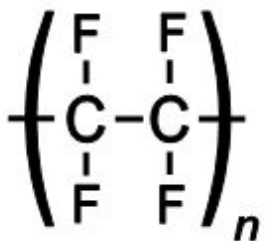
## Изоляция из фторопласта

фторопласт-4  
(ПТФЭ, PTFE)  
260 °C  
 $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$

фторопласт-50  
(ПФЭ)  
260 °C  
 $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta = 5 \cdot 10^{-4}$

фторопласт-4МБ  
(ФЭП)  
200 °C  
 $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta = 10^{-3}$

фторопласт-40  
(ЭТФЭ)  
190 °C  
 $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta = 10^{-2}$



# Резиновая изоляция

## Экструзия и вулканизация:

- каучук
- вулканизирующая система
- стабилизаторы
- наполнители

## Виды каучуков:

- натуральный (из сока дерева гевеи)
- изопреновый (аналог натурального)  $(C_5H_8)_n$
- бутадиеновый  $(C_4H_6)_8$
- этиленпропиленовый (озоностойкий, химостойкий)
- кремнийорганический: 180 °С
- этиленвинилацетатный (ЭВА, EVA): 120 °С



# Плёночная изоляция

- фторопласт-4
- полиимидная: 220 °С
- полиимидно-фторопластовая: 200 °С
- ПЭТФ, лавсановая: 120 °С

# Синтетические волокна

- полиамидное волокно капрон (нейлон): 105 °С
- полиэфирное волокно лавсан (ПЭТФ): 120 °С
- арамидное волокно кевлар: 160 °С, 3000 МПа

# Коды переработки

Знак	Идентификатор материала		Описание
	ISO 1043 (97/129/EC)	ГОСТ 24888- 81	
	1 PET	ПЭТФ	Полиэтилентерефталат (лавсан)
	2 PEHD (HDPE)	ПЭНД (ПНД, ПЭВП)	Полиэтилен высокой плотности (низкого давления)
	3 PVC	ПВХ	Поливинилхлорид
	4 PELD (LDPE)	ПЭВД (ПВД, ПЭНП)	Полиэтилен низкой плотности (высокого давления)
	5 PP	ПП	Полипропилен
	6 PS	ПС	Полистирол
	7—19		Свободные номера для прочих пластмасс (полиуретан, поликарбонат, полиамиды и др.)