

# СЫРЬЕ И ДОБАВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИОЛЕФИНОВЫХ ПЛЕНОК. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНОК.



Елена Щапова, СИБУР  
Хосе Ромеро, СИБУР  
Сингин Павел, СИБУР

Вебинар, 30.05.2022

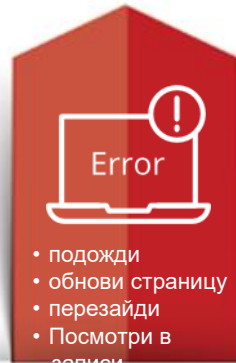
**СИБУР**



Следуем времени



Участвуем в опросах



Когда всё «зависло»



## ПРАВИЛА

Пишем в чате



Выражаем эмоции

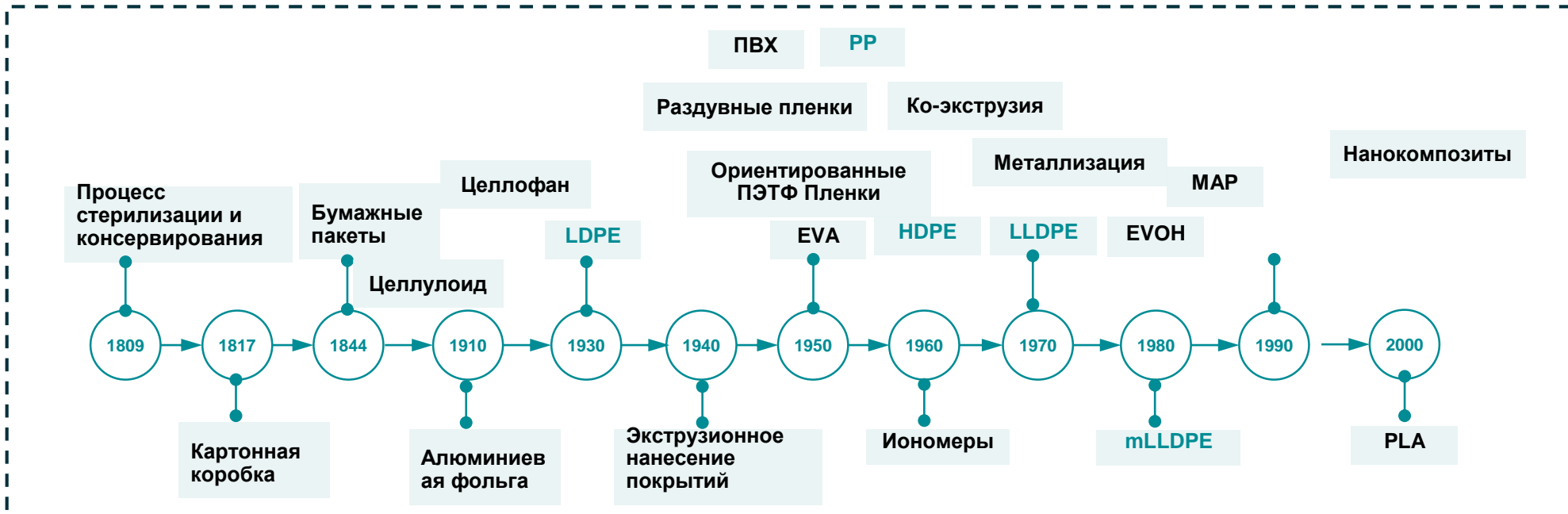


Ведущий вернется 😊



# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пленка – гибкий полимерный материал толщиной до 300 мкм



Реклама целлофана 1949 г



Реклама полиэтилена 1952 г

# ПЛЕНКИ – ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

## Промышленная упаковка

Упаковка разнообразных промышленных продуктов и полуфабрикатов (например, стретч пленки)



## Пленки технического применения

- Пленки которые НЕ используются для упаковки, но используются в промышленности для защиты/покрытия, этикетирования
- Сельско-хозяйственные пленки



## Потребительская непищевая упаковка

Упаковка разнообразных непищевых продуктов, продающихся в торговых точках



## Пищевая упаковка

Упаковка продуктов питания, продающихся в торговых точках или сырьевых материалов, использующихся в пищевой промышленности



## Медицинские и гигиенические пленки/упаковка

Пленки, используемые в упаковке медицинских /гигиенических/фармацевтических продуктов



**Набольшая часть пленок используется в упаковке. Упаковка из пленок – гибкая упаковка**

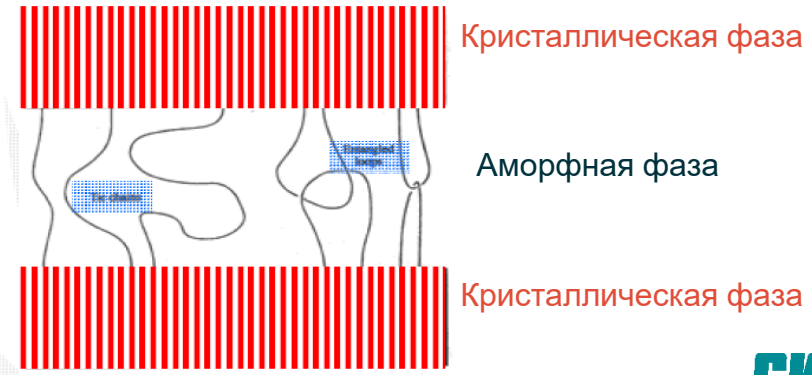
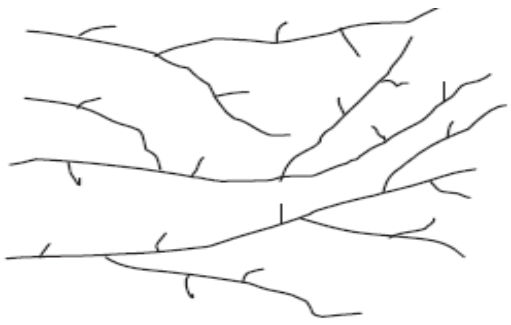
# ЧТО ТАКОЕ ПОЛИМЕР?

**Полимер** – это высокомолекулярное соединение, вещество с большой молекулярной массой (от нескольких тысяч до нескольких миллионов.), состоит из большого числа повторяющихся одинаковых или различных по строению атомных группировок — элементарных звеньев, соединенных между собой химическими или координационными связями в длинные макромолекулы.

Большинство полимеров использующихся в промышленных целях имеют степень полимеризации порядка  $10^2 - 10^4$ .

	LDPE	LLDPE	HDPE	PP
Молекулярная масса	80.000 – 500.000	80.000 – 500.000	80.000 – 800.000	80.000 – 200.000
Степень кристалличности, %	35 - 55	35 - 60	60 - 85	30 - 60

Схематическое изображение макромолекулярных цепей полимера



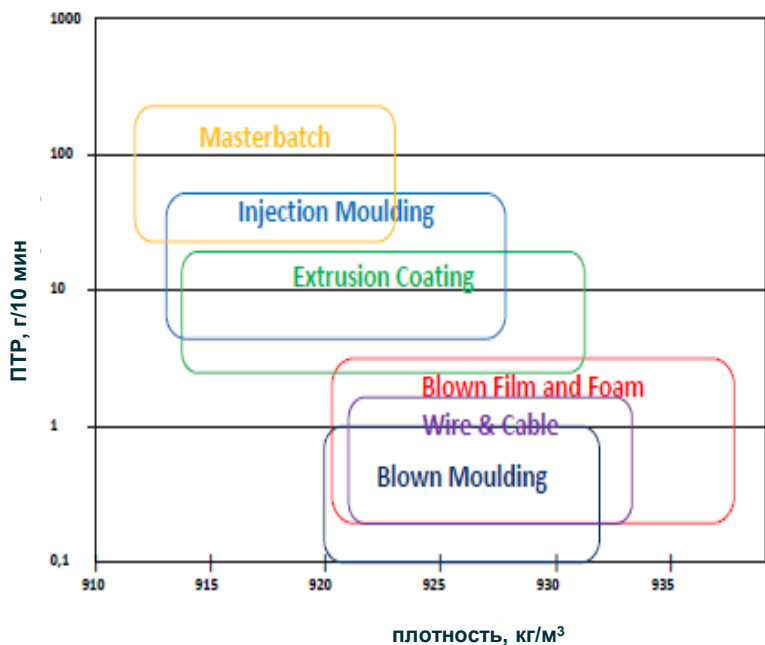
# КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРА

Характеристика	Метод определения
Молекулярная масса (ММ)	Показатель текучести расплава (ПТР)
Плотность	Градиентная колонка
Молекулярно-массовое распределение (ММР)	Гельпроникающая хроматография (ГПХ)
Температура плавления	Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК)

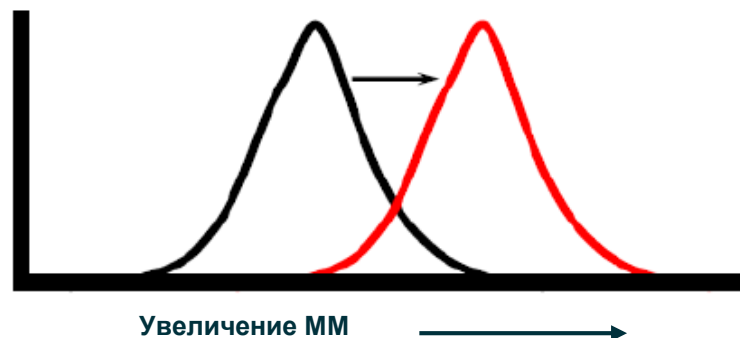
# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ПЛЕНКИ. ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕКУЧЕСТИ РАСПЛАВА (ПТР)

**ПТР или индекс расплава** – Масса полимера, выходящая из нагретого цилиндра через калиброванное отверстие в течение 10 минут при заданной температуре и заданной скорости сдвига.

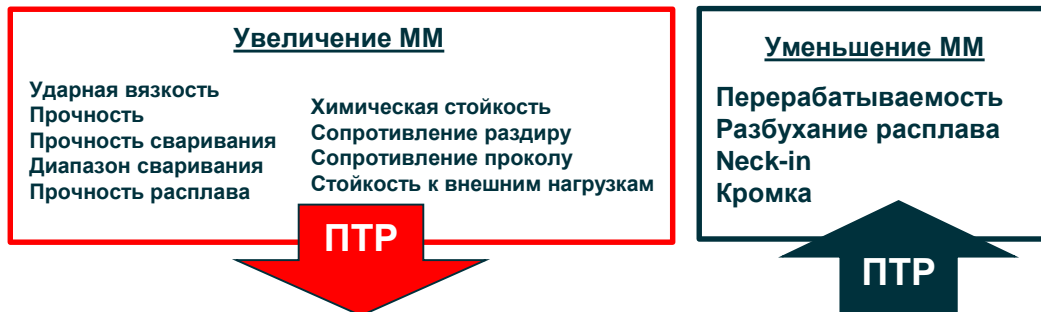
Полимеры с низким ПТР имеют высокую вязкость и, следовательно, высокую среднюю молекулярную массу. Полимеры с высоким МFI имеют более низкую вязкость и, следовательно, более низкую среднюю молекулярную массу.



Зависимость способа переработки от ПТР на примере ПЭНП



Влияние средней молекулярной массы ММ на улучшение свойств пленок



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЧЕСТИ РАСПЛАВА (ПТР)

$$\text{ПТР}_{(T,P)} = \frac{600 \cdot m}{\tau} \text{ [г/10 мин]},$$

ГОСТ 11645, ISO 1133, ASTM D1238

Полимер	Температура	Вес
ПП	230 °С	2,16
	190 °С	2,16
ПЭ	190 °С	5,00
	190 °С	21,6

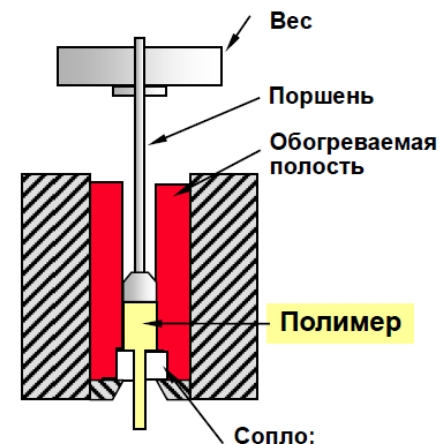
## Описание

Определение массы материала, экструдированного из прибора в течение 10 минут при заданных условиях температуры и давления.

## Применение

- ✓ Контроль качества продукции
- ✓ Паспортизация продукции
- ✓ Выбор способа переработки полимеров
- ✓ Классификация различных марок термопластов
- ✓ Контроль стабильности процессов
- ✓ Оценка термостабильности полимеров
- ✓ Косвенная оценка ММ и ММР
- ✓ Исследовательские работы

## Оборудование



## Образцы



гранулы



порошок



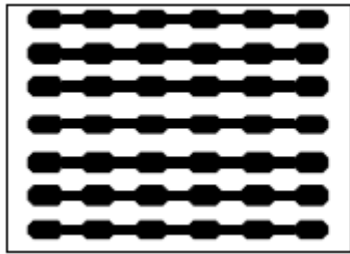
пленки



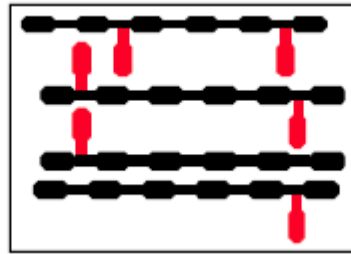
ленты



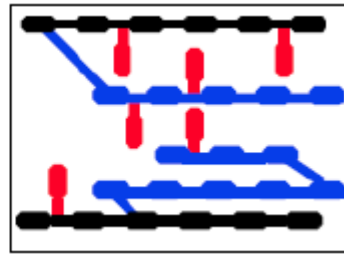
# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ПЛЕНКИ. ПЛОТНОСТЬ – ВАЖНЕЙШАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИЭТИЛЕНА



Нет разветвлений – высокая плотность

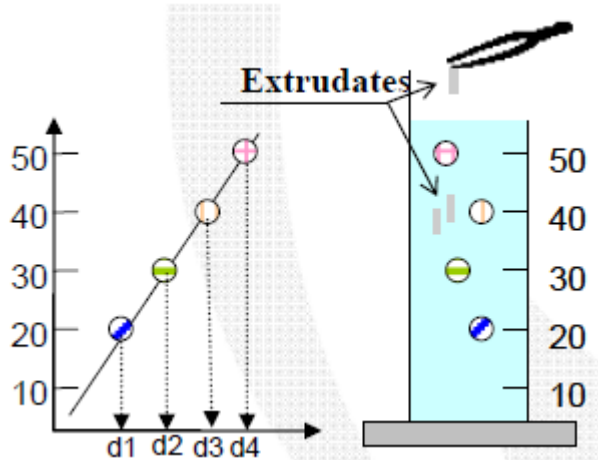


Короткие разветвления – средняя плотность

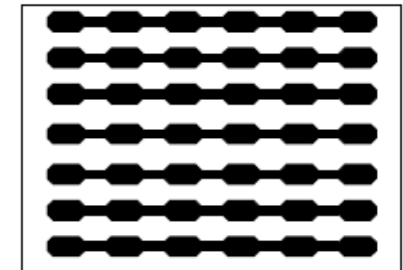
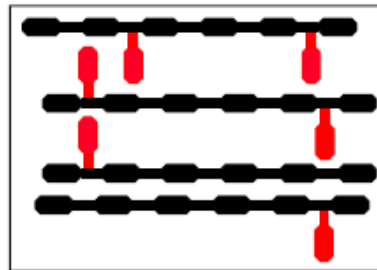


Короткие и длинные разветвления – низкая плотность

Что такое плотность и от чего зависит?



## Влияние плотности (кристалличности) на свойства пленок



С увеличением плотности/кристалличности эти свойства

Увеличиваются	
Жесткость	Химическая стойкость
Прочность на разрыв	Теплостойкость
Температура размягчения	Барьерные свойства
Способность удерживать складку	
Скручивание	

Уменьшаются
Сопротивление раздиру
Стойкость к проколу
Ударная вязкость
Коэффициент трения
Оптические свойства

### Измерение плотности: ISO 1183, метод D

Образцы (экструдаты) помещают в колонку градиента плотности. Колонна содержит жидкость, плотность которой увеличивается сверху вниз. Плотность образца определяется вертикальным расположением образца в колонке по сравнению с положением калиброванных поплавков.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ВЗВЕШИВАНИЕМ

Плотность образца  $\rho_t = \frac{M_1}{M} \cdot \rho_{\text{жид}}$ ,

$M_1$  – масса образца в воздухе, г;

$M$  – масса жидкости известной плотности, объем которой равен объему образца:

$M = M_1 - (M_2 - M_3)$ ,

где  $M_2$  – масса образца с подвеской в жидкости, г;

$M_3$  – масса подвески в жидкости, г

$\rho_{\text{жид}}$  – плотность жидкости, г/см<sup>3</sup>



## Описание

Данный метод основан на законе Архимеда. Сравниваются массы одинаковых объемов испытуемого вещества и жидкости известной плотности..

## Применение

- ✓ Контроль качества продукции
- ✓ Паспортизация продукции
- ✓ Классификация различных марок термопластов
- ✓ Косвенная оценка ММ
- ✓ Исследовательские работы



## Типичные плотности некоторых полимеров

ПЭ	0.860 – 0.965 г/см <sup>3</sup>
ПП	0.895 – 0.905 г/см <sup>3</sup>
ПА	1.00 – 1.15 г/см <sup>3</sup>
ПВХ	1.2 – 1.4 г/см <sup>3</sup>

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОЙ КОЛОННЫ

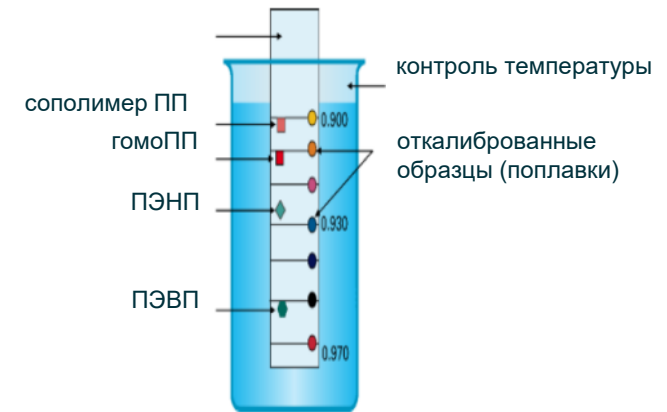
## Сущность метода

Основан на сравнении глубин погружения испытуемого образца и эталонов плотности в колонне с раствором меняющейся по высоте плотности.

## Проведение испытания

Стеклянная колонна заполняется двумя жидкостями с разными плотностями, при этом плотность смеси изменяется по линейному закону (от наименьшей в верхней части до наибольшей в нижней). Калибровочные стеклянные поплавки с точно известными плотностями вводятся в колонну и погружаются до того момента, пока их плотность не совпадет с плотностью раствора.

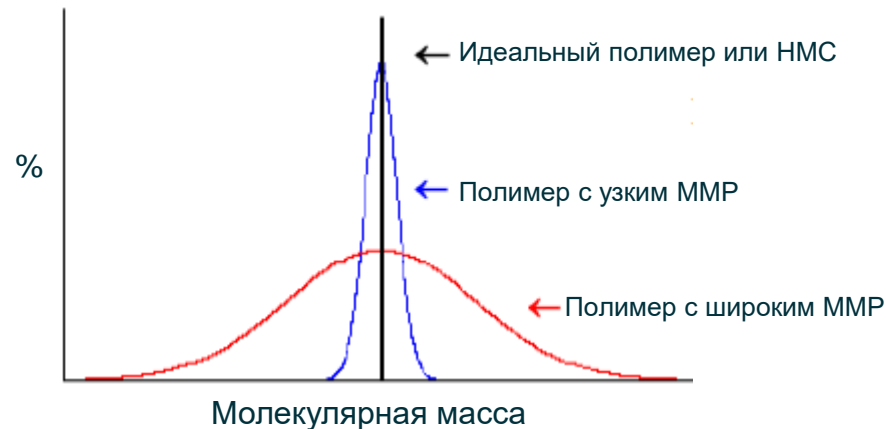
Тестовый образец вводится в колонну. После достижения образцом равновесия линейный датчик положения измеряет положение образца и поплавков в колонне.



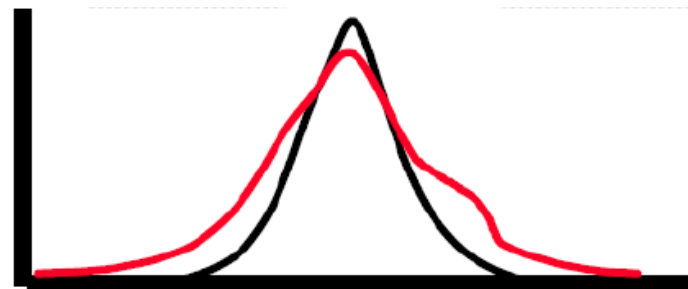
колонна с градиентом плотностей



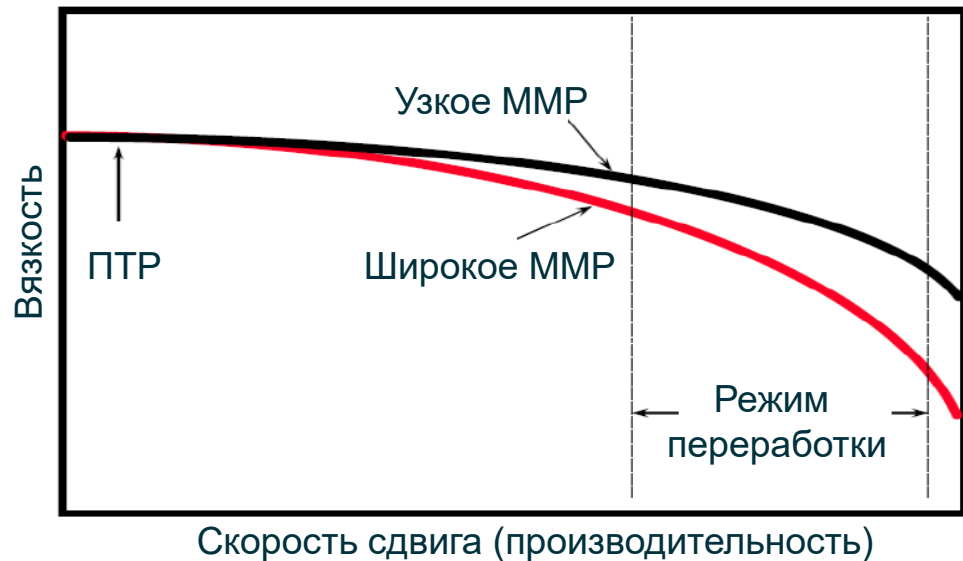
# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ПЛЕНКИ. МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ



Набор макромолекул с разной ММ характерная особенность полимеров



## Влияние ММР на перерабатываемость материала



С увеличением ММ эти свойства

Увеличиваются

Перерабатываемость  
Прочность и стабильность расплава  
Эффекты высокоэластичности  
меньше выражены

Уменьшаются

Нагрузка на привод  
Расширение расплава  
Физические свойства  
(прокол, раздир, разрыв)

# ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОЛИОЛЕФИНОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛЁНОК

Полимер	Структура полимера	Свойства пленки	Примеры применений
<p><b>ПЭНП</b></p> <p>Плотность = 915-935 кг/м<sup>3</sup></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Гибкость</li> <li>- Химическая стойкость</li> <li>- Свариваемость</li> <li>- Легкая переработка</li> <li>- Способность к термоусадке</li> <li>- Оптические свойства</li> </ul>	
<p><b>лПЭНП</b></p> <p>Плотность = 900-935 кг/м<sup>3</sup></p>		<p>Значительное улучшение физических свойств относительно ПЭНП:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Сопротивление раздиру</li> <li>- Сопротивление проколу</li> <li>- Прочность при разрыве</li> <li>- Жесткость/упругость</li> </ul>	
<p><b>ПЭВП</b></p> <p>Плотность = 935-965 кг/м<sup>3</sup> Иногда для интервала 930-940 кг/м<sup>3</sup> используется аббревиатура <b>ПЭСД</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокая мутность</li> <li>- Высокая прочность на растяжение</li> <li>- Жесткость</li> <li>- Высокий барьер к воде</li> <li>- Синергия термоусадки</li> </ul>	
<p><b>ПП</b></p> <p>Плотность = 910 кг/м<sup>3</sup></p>	 <p>ИЗОТАКТИЧЕСКИЙ СИНДИОТАКТИЧЕСКИЙ АТАКТИЧЕСКИЙ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низкая плотность</li> <li>- Высокая прочность на разрыв/жесткость</li> <li>- Отличные оптические свойства</li> <li>- Более высокие барьерные свойства</li> </ul>	

# Номенклатура ПП «НКНХ»

## PPN<sup>1</sup>NNN<sup>2</sup>X<sup>3</sup>\*

### Тип полимера:

Гомополимер пропилена

**PP1** – жёсткость ниже средней

**PP2** – жёсткость выше средней

**PP3** – повышенная жёсткость

Статсополимер пропилена

**PP4** – с этиленом

**PP5** – с бутеном-1

**PP6** – с этиленом и бутеном-1

Блоксополимер пропилена и этилена

**PP7** – содержание этилена < 7%

**PP8** – содержание этилена от 7 до 11,5%

**PP9** – содержание этилена > 11,5%

### Идентификация жёсткости (МПа)

<b>0</b>	<650	<b>5</b>	1450÷1650
<b>1</b>	650÷850	<b>6</b>	1650÷1850
<b>2</b>	850÷1050	<b>7</b>	1850÷2050
<b>3</b>	1050÷1250	<b>8</b>	2050÷2250
<b>4</b>	1250÷1450	<b>9</b>	>2250

### Назначение/применение и рецептура:

#### Первая цифра

**0** общее назначение

**1** экструзионные и рукавные плёнки

**2** БОПП-плёнки

**3** специальные литые

рецептуры: УФ, скользящие,

высокотемпературные

**4** нуклеированные

**5** нити и волокна

**6** волокна – узкое ММР

**7** медицинское назначение

**8** антистатические

#### Вторая цифра (в сочетании с первой)

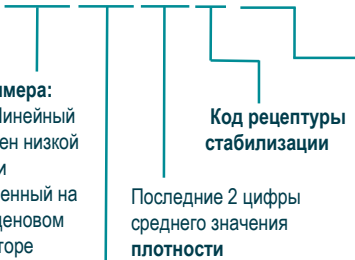

Тип рецептуры стабилизации

### Идентификация ПТР:

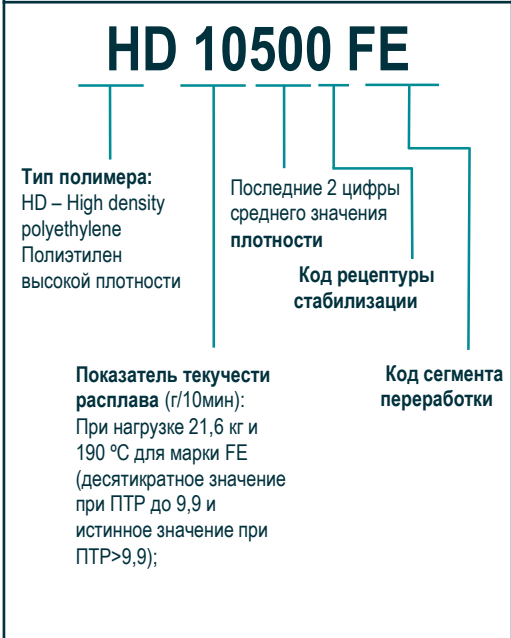
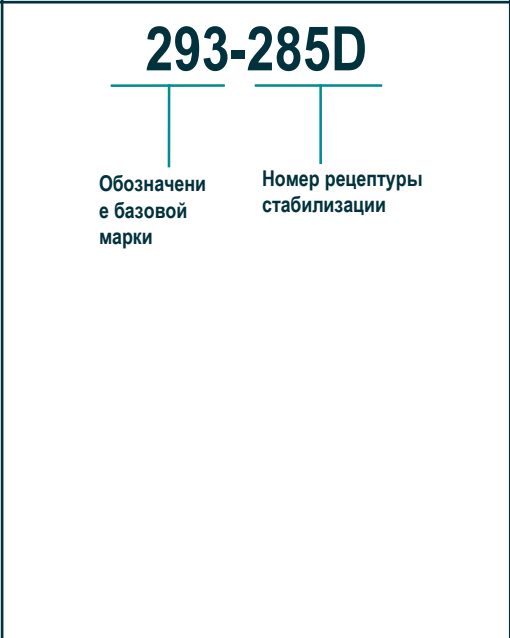
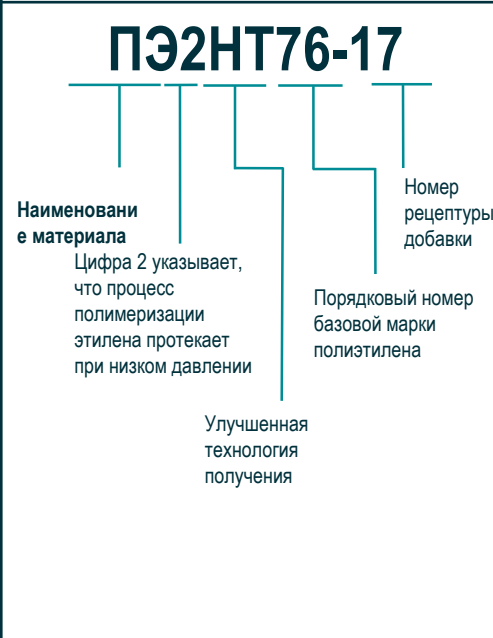
Код	ПТР	Целевое значение	Код	ПТР	Целевое значение
<b>B</b>	<0,3	<0,3	<b>N</b>	10-15	12
<b>C</b>	0,3-0,5	0,3	<b>P</b>	15-20	16
<b>D</b>	0,5-0,8	0,7	<b>R</b>	20-30	25
<b>E</b>	0,8-1,3	0,9	<b>S</b>	30-45	35
<b>G</b>	1,3-1,8	1,5	<b>T</b>	45-65	55
<b>H</b>	1,8-2,5	2,0	<b>U</b>	65-75	70
<b>J</b>	2,5-3,5	3,0	<b>V</b>	75-120	110
<b>K</b>	3,5-5,5	4,0	<b>W</b>	120-500	300
<b>L</b>	5,5-7,0	6,0	<b>X</b>	500-1500	1000
<b>M</b>	7,0-10	8,0	<b>Y</b>	>1500	2000

\* - возможна дополнительная буква M – модификация по сравнению с лицензионной маркой

# Номенклатура марок линейного полиэтилена ЗСНХ, КОС и НКНХ

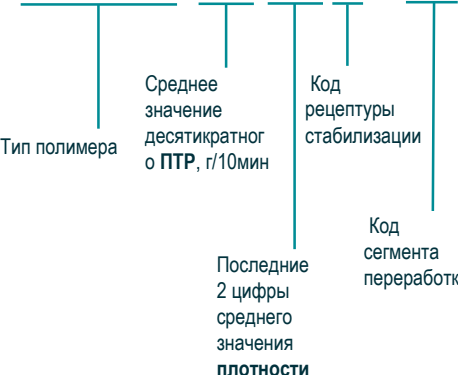

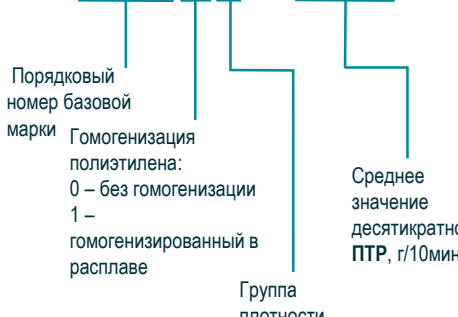
<b>ЗСНХ</b> LL 09200 FE, LL 20200 FE LL 20211 FE, LL 30200 FE	<b>КОС</b> F2210, F2230, F2010M, F2030M	<b>НКНХ</b> PE 5118 NM PE 5118 QM
<p><b>Сомономер:</b>                      Для всех марок – бутен                      Без процессинговой добавки</p>	<p><b>Сомономер:</b>                      F2210, F2230 - бутен                      F2010M, F2030M – гексен                      Содержится процессинговая добавка</p>	<p><b>Сомономер:</b>                      Для всех марок – бутен и гексен                      Содержится процессинговая добавка</p>
<p style="text-align: center;"><b>LL 09200 FE</b></p>  <p><b>Тип полимера:</b>                      LL/ mLL Линейный полиэтилен низкой плотности                      m - полученный на металлоцееновом катализаторе</p> <p><b>Код рецептуры стабилизации</b>                      Последние 2 цифры среднего значения плотности</p> <p><b>Показатель текучести расплава (г/10мин):</b>                      Десятикратное значение при нагрузке 2.16 кг и 190 °С для марок FE</p> <p><b>Код сегмента переработки</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>F2210 / F2010M</b></p>  <p><b>Код сегмента переработки:</b>                      экструзия пленок</p> <p><b>Показатель текучести расплава (г/10мин):</b>                      Десятикратное значение при нагрузке 2.16 кг и 190 °С для пленочных марок</p> <p><b>Тип полимера:</b>                      М - полученный на металлоцееновом катализаторе</p> <p>Последние 2 цифры среднего значения плотности</p>	<p>Номенклатура без расшифровки</p> <p><b>PE 5118 NM -</b>                      ПТР 0,7 – 1,5 г/10 мин                      Плотность – 0,916 – 0,920 г/см<sup>3</sup></p> <p><b>PE 5118 QM -</b>                      ПТР 2.5 – 3,5 г/10 мин                      Плотность – 0,916 – 0,920 г/см<sup>3</sup></p>

# Номенклатура марок полиэтилена высокой плотности ЗСНХ и КОС

<p><b>ЗСНХ</b> HD 10500 FE, HD 80520 FE</p>	<p><b>КОС</b> 293-285D, 273-285D</p>	<p><b>КОС</b> ПЭ2НТ74-15, ПЭ2НТ75-15, ПЭ2НТ76-17</p>
<p><b>Сомономер:</b> HD 10500 FE - бутен, HD 80520 FE – гексен</p>	<p><b>Сомономер:</b> 293-285D – бутен, гексен 273-285D - бутен</p>	<p><b>Сомономер:</b> Для всех марок – бутен</p>
<p><b>HD 10500 FE</b></p>  <p><b>Тип полимера:</b> HD – High density polyethylene Полиэтилен высокой плотности</p> <p>Последние 2 цифры среднего значения плотности</p> <p><b>Код рецептуры стабилизации</b></p> <p><b>Показатель текучести расплава (г/10мин):</b> При нагрузке 21,6 кг и 190 °С для марки FE (десятикратное значение при ПТР до 9,9 и истинное значение при ПТР&gt;9,9);</p> <p><b>Код сегмента переработки</b></p>	<p><b>293-285D</b></p>  <p><b>Обозначени е базовой марки</b></p> <p><b>Номер рецептуры стабилизации</b></p>	<p><b>ПЭ2НТ76-17</b></p>  <p><b>Наименовани е материала</b></p> <p>Цифра 2 указывает, что процесс полимеризации этилена протекает при низком давлении</p> <p>Улучшенная технология получения</p> <p>Порядковый номер базовой марки полиэтилена</p> <p><b>Номер рецептуры добавки</b></p>



# Номенклатура марок полиэтилена высокой плотности ЗСНХ и КОС

<p><b>ТНХ</b> PE LD 40200 FA, PE LD 20220FE</p>	<p><b>КОС</b> LA 2150, LA 2175, FA 2004</p>	<p><b>КОС/ТНХ</b> базовые и переходные марки 15813-020, 15313-003, 10803-020 13403-020, 19213-005, 19813-060</p>
<p><b>PE LD40200 FA</b></p>  <p>Тип полимера</p> <p>Среднее значение десятикратного ПТР, г/10мин</p> <p>Код рецептуры стабилизации</p> <p>Последние 2 цифры среднего значения плотности</p> <p>Код сегмента переработки</p>	<p><b>LA 2150</b></p>  <p>Рекомендуемый способ переработки полиэтилена – L - ламинация (полив) F – 'экструзия пленок</p> <p>Последние 2 цифры среднего значения плотности</p> <p>Среднее значение десятикратного ПТР, г/10мин</p> <p>Тип реактора - автоклав</p>	<p><b>15813 - 020</b></p>  <p>Порядковый номер базовой марки</p> <p>Гомогенизация полиэтилена: 0 – без гомогенизации 1 – гомогенизированный в расплаве</p> <p>Среднее значение десятикратного ПТР, г/10мин</p> <p>Группа плотности</p>

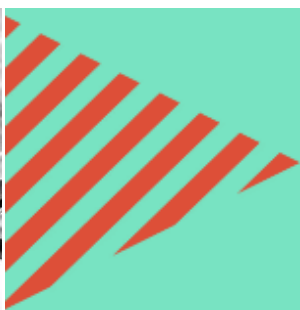
# Текущие решения полиэтилена в гибкой упаковке

Марка	ПТР, г/10 мин	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Применение
Линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП)			
LL09200 FE PE5118 NM	0,9	0,920	Плётки для пищевой и непищевой упаковки, плётки для ламинации, промышленные плётки, хозяйственные сумки и мешки для мусора
LL20200 FE LL20211 FE	2,0	0,920 0,921	Упаковочные плётки общего назначения, плётки для ламинации, сельскохозяйственные плётки, пакеты
PE5118 QM LL30200 FE F2230	3,0	0,920 0,922	Моно- и многослойные плоскощелевые плётки, упаковочные плётки общего назначения, стретч - плётки
Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)			
15303 / 15313	0,3	0,921	Термоусадочные плётки, плётки для пищевой и непищевой упаковки
LD03210 FE	0,3	0,926	
PE15803-020 LD20220 FE	2,0	0,919 0,926	Плётки для пищевой и непищевой упаковки
LD08220 FE	0,8	0,923	Многослойные плётки под ламинацию, плётки общего назначения
LD40200 FA	4,0	0,921	Моно- и многослойные каст плётки для контакта с пищевыми продуктами (включая герметичную упаковку), экструзионные покрытия
LD40250 FE	4,0	0,923	
Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП)			
HD10500 FE 293-285Д	21,6* 0,55**	0,950 0,946	Моно- и многослойные плётки, тонкие высокопрочные плётки, пакеты, мешки для мусора, промышленная упаковка
HD80520 FE	8*	0,952	Термоусадочные плётки, плётки для ламинации, мешки для продуктов, пакеты, высокопрочная упаковка
HD03580SB	0.3	0,958	Бимодальная марка для использования с LDPE/LLDPE с целью увеличения жесткости плётки

\* При нагрузке 21,6 кг; \*\* При нагрузке 5 кг

# Текущие решения полипропилена в гибкой упаковке

Марка	ПТР, г/10 мин	Применение
Гомополипропилен		
PP H031 BF	3,0	Двухосноориентированные плёнки (включая металлизированные)
PP H036 BF		
PP H080 CF	8,0	Неориентированные плоскощелевые плёнки
PP H085 CF	8,5	
PP H081 CF	8,0	Неориентированные плоскощелевые плёнки под металлизацию
PP 1316 M	8,0	Неориентированные плоскощелевые плёнки
Рандом-сополимер		
PP 4215 M	8,0	Неориентированные плоскощелевые плёнки (термосвариваемый слой)



# Перспективные продуктовые решения ПЭ и ПП

Марка	ПТР, г/10 мин	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Характеристика продукта	Ожидания
<b>Полиэтилен</b>				
LD40251 FE	4,0	0,923	Специальная марка ПЭНП для производства каст пленок. Продукт характеризуется сбалансированным сочетанием физико-механических и оптических свойств, обеспечивает превосходную технологичность переработки и высокую производительность экструзионных линий.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Достижение свойств готовых изделий, сопоставимых с использованием импортных аналогов в рецептуре пленки</li> </ul>
LL02310FE	0,2-0,3	0,932	Бимодальная марка линейного полиэтилена средней плотности для производства высококачественных термоусадочных и других упаковочных пленок. Обеспечивает получение высоких прочностных готовых изделий.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Достижение свойств готовых изделий, сопоставимых с использованием импортных аналогов в рецептуре пленки</li> </ul>
<b>Полипропилен</b>				
PP H035 BF	3,0	0,905	Модифицированный гомополимер пропилена с широким молекулярно-массовым распределением для производства БОПП пленок, в т.ч. металлизированных. Продукт характеризуется средней текучестью и специальным составом рецептуры стабилизации, не содержащей стеаратов металлов. Продукт не содержит фталатов, что отвечает современным требованиям конечных потребителей.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая способность к ориентации в обоих направлениях (MD, TD),</li> <li>• Повышенная стабильность процесса при переработке на повышенных скоростях (более 550 м/мин)</li> <li>• Низкая разнотолщинность пленки</li> </ul>

# ДОБАВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИОЛЕФИНОВЫХ ПЛЁНОК

## Добавки для переработки и стабилизации

### Антиоксиданты

Препятствуют окислению и деструкции полимера во время процессов переработки, хранения и эксплуатации. Сохраняют физико-механические и оптические свойства пленки

### УФ-стабилизаторы

Придают защиту от воздействия УФ излучения, сохраняют физико-механические и оптические свойства пленки, защищают упакованный продукт.

### Процессинговые добавки

Облегчают переработку, устраняют дефекты экструзии, снижают нагарообразование и количество гелей.

### Скользящие добавки

Снижают коэффициент трения, исключают слипание и блокировку пленок.

### Антиблокирующие добавки

Исключают слипание/блокировку пленок в рулоне

### Антистатика

Препятствуют накоплению электростатических зарядов, оседанию пыли, исключают блокировку пленок.

### Нуклеаторы

Изменяют кристалличность полимера, оптические и механические свойства пленки. Не растворяются в полимере.

## Функциональные добавки

### Антифоги

Препятствуют запотеванию пленки, вследствие конденсации паров воды.

### Поглотители газов

Абсорбируют газы внутри пленочной упаковки (например, этилен, кислород).

### Просветлители

Снижают мутность, увеличивают прозрачность пленки вследствие изменения размеров кристаллов. Растворяются в полимере.

### Антимикробные добавки

Препятствуют развитию микроорганизмов, защищают упакованный продукт

### Пигменты и красители

Придают цвет пленке, в некоторых случаях защищают от действия УФ излучения ( $TiO_2$ )

### Модификаторы

Изменяют какое-либо из свойств пленки, например, увеличивают жесткость, придают матовость, липкость

### Вспениватели

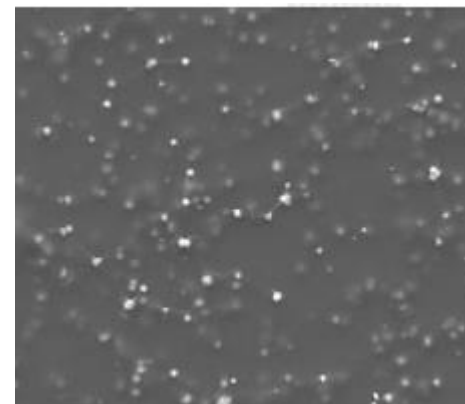
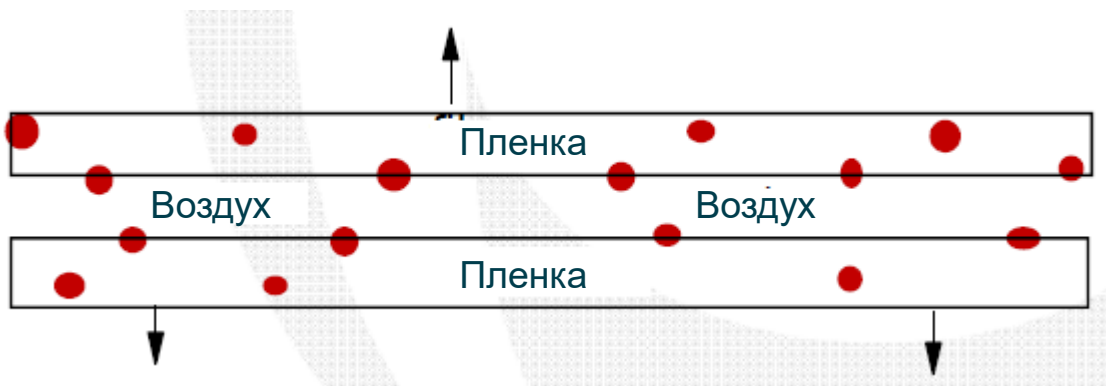
Снижают плотность пленки, формируют пористую структуру.

### Наполнители

Влияют на механические свойства, придают непрозрачность, изменяют барьерные свойства. Снижение стоимости.

# АНТИБЛОКИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ

- Гладкие поверхности пленки, находящиеся в тесном контакте в рулоне и исключающие воздушные зазоры, будут иметь тенденцию блокироваться.
- МЕХАНИЗМ БЛОКИРОВАНИЯ: цепочки полимера с одной поверхности могут диффундировать на другую поверхность при контакте. Эффект обычно обратим при отделении поверхностей друг от друга.
- АНТИБЛОКИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ (кремнезем, тальк,...) уменьшают или устраняют блокировку путем придания шероховатости поверхностям пленки, позволяя образовываться воздушным зазорам.
- Большинство антиблокирующих агентов увеличивают мутность пленки (0,4-1,0% при вводе 1000 ppm диоксида кремния), тальк менее эффективен по сравнению с диоксидом кремния, но в основном дешевле.



Поверхность пленки с антиблоком

# СКОЛЬЗЯЩИЕ ДОБАВКИ (СЛИП). КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ

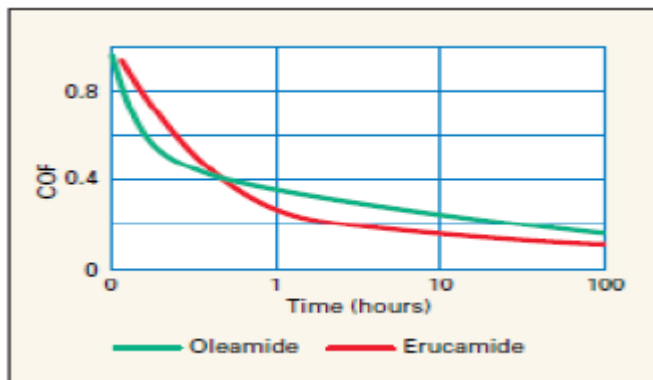
- Скользящие добавки (жирные кислоты и амиды) несовместимы с полиолефинами, поэтому мигрируют на поверхность пленки.
- Скользящие вещества образуют тонкие слои, которые снижают коэффициент трения (COF) между двумя пленками или между пленкой и поверхностями машины.
- Максимальный эффект достигается при формировании монослоя.



Влияние скользящих агентов на COF

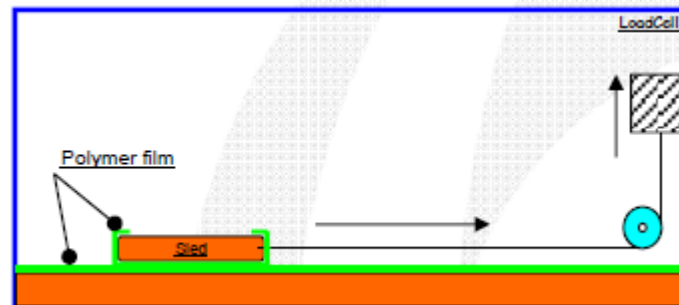
- Олеамид = быстрая миграция
- Эрукамид = медленная миграция

		Melting Point °C
Oleamide	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CONH}_2$	66 - 72
Erucamide	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_{11} - \text{CONH}_2$	79 - 85



## COF зависит от:

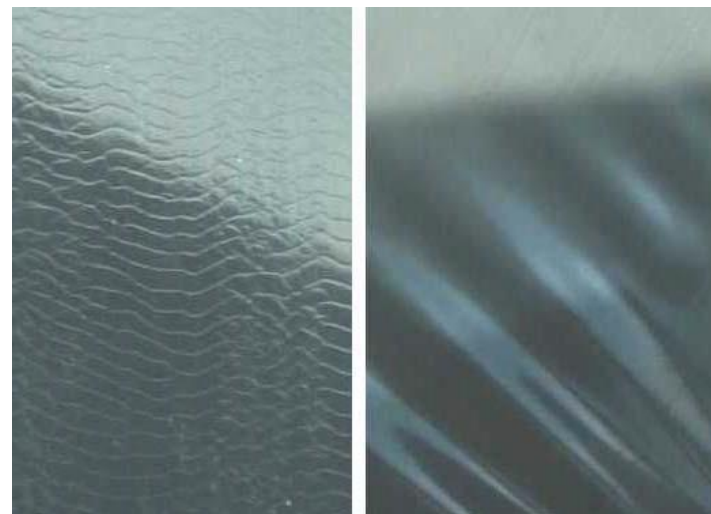
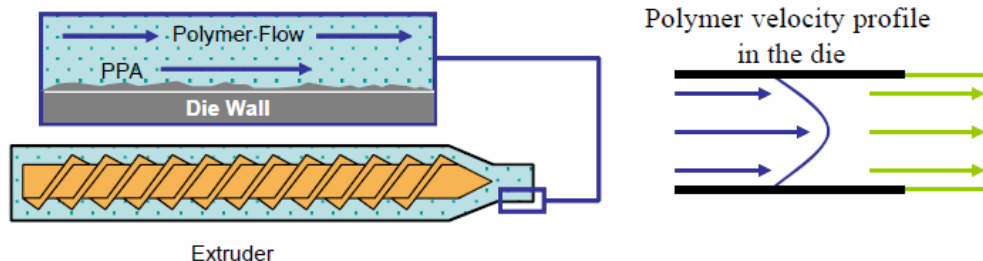
- Плотность полимера и ПТР: более высокая плотность + более низкий ПТР = снижение COF.
- Низкая плотность LL, mLL создаст более высокий COF.
- Условия процесса, толщина пленки, обработка поверхности и условия хранения.
- Наличие добавок (слип, антиблок).



COF - параметр, который представляет сопротивление скольжению двух поверхностей, соприкасающихся друг с другом. Значения COF находятся в диапазоне от 0 до 1, чем выше значение тем выше сопротивление скольжению.

# ПРОЦЕССИНГОВЫЕ ДОБАВКИ

- При переработке LLDPE, mLLDPE с низким индексом расплава при высокой производительности возникают дефекты расплава, приводящие к серьезной шероховатости поверхности пленки, известной как «акулья кожа».
- Процессинговые добавки (PPA) обычно состоят из фторэластомера, смешанного с различными другими компонентами.
- Добавление PPA изменяет профиль скорости между экструдатом и горячей металлической поверхностью оборудования, что снижает эффект акульей шкуры и позволяет добиться более высокой производительности переработки.
- Есть и другие преимущества, иногда наблюдаемые:
  - Снижение образования гелей в экструдере и фильере.
  - Снижение нагарообразования.
  - Снижение давления расплава.



Без PPA

+ PPA

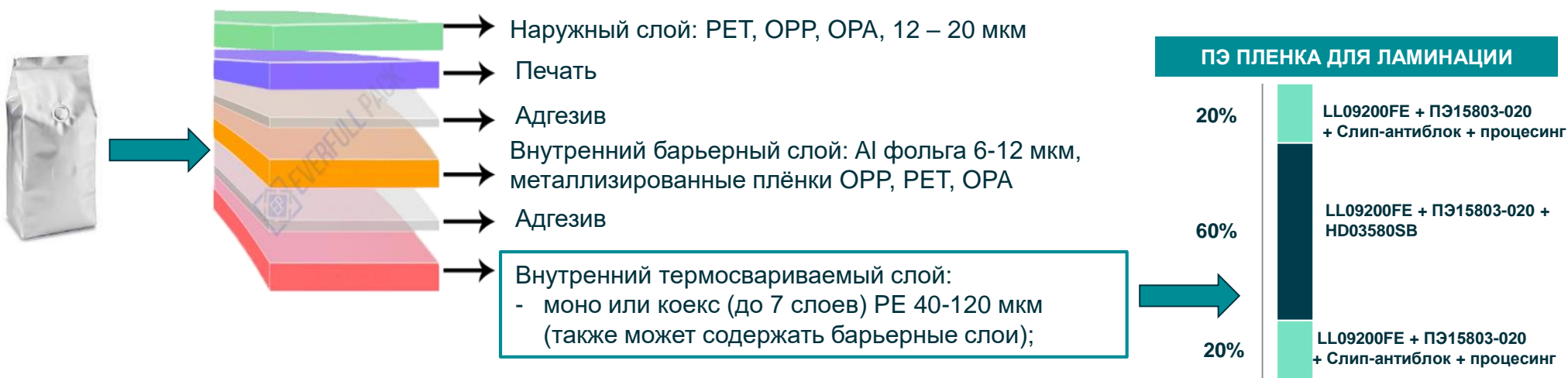


# НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ВИДЫ РУКАВНЫХ ПЛЕНОК

# ПЛЕНКИ ДЛЯ ЛАМИНАЦИИ

**Ламинат** - сочетание двух или более пленок, соединенных вместе, образующих сложную многослойную структуру, с целью достигнуть комплекса определенных характеристик упаковки, отсутствующих у каждой из пленок в отдельности (например, свариваемости, барьера, прочности, оптических свойств)

## Пример структуры пленочного ламината для упаковки кофе



## Применения полиолефиновых пленок для ламинации:

Многослойная гибкая упаковка (дой-паки, чай/кофе, глубокая заморозка, корма для домашних животных, барьерные пленки, гигиенические средства)

## Требования к пленкам для ламинации

- Хорошие механические свойства
- Хорошая оптика (прозрачность, блеск, мало гелей)
- Хорошие сварные свойства
- Органолептика (отсутствие запаха, контакт с пищей)
- Толщина 30-150 мкм
- Жесткость, сопротивление проколу
- Барьер к воде

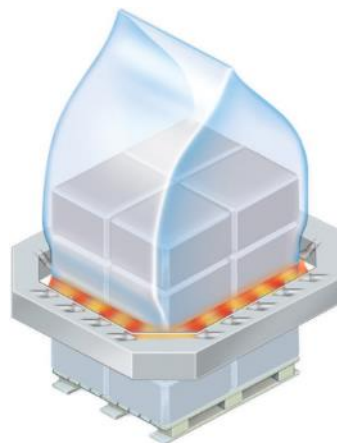
# ТЕРМОУСАДОЧНЫЕ ПЛЕНКИ

Термоусадочными называются полимерные пленки, способные сокращаться под воздействием температуры, превышающей температуру размягчения полимера.

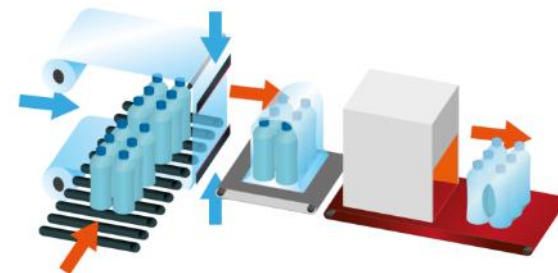
## Требования:

- Низкое усадочное напряжение при повышенных температурах (отсутствие разрыва пленки в процессе усадки);
- Высокое усадочное напряжение в холодном состоянии (высокая удерживающая способность);
- Баланс усадки MD/TD (легкость контроля усадки);
- Хорошие физико-механические свойства (прочность, жесткость);
- Низкая температура сварки ;
- Хорошая печать;
- Хорошие оптические свойства

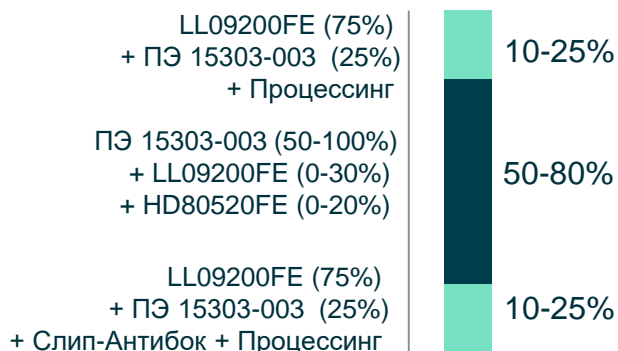
## ТЕРМОУСАДОЧНЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ ПАЛЛЕТНОЙ УПАКОВКИ 80 – 200 МКМ



## ТЕРМОУСАДОЧНЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ ГРУППОВОЙ УПАКОВКИ ТОВАРОВ 30 – 70 МКМ



## ТЕРМОУСАДОЧНЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ ГРУППОВОЙ УПАКОВКИ



## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ

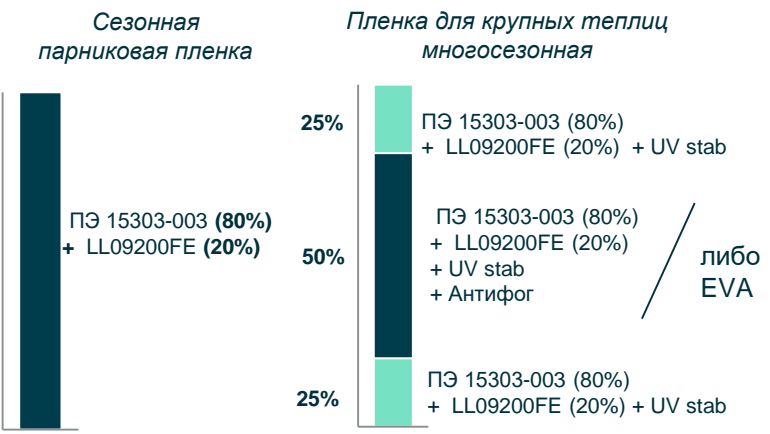
- LDPE – базовый материал, обуславливающий усадку
- HDPE – для повышения жесткости пленки, увеличения усадки в MD, содержание не более 25-30% из-за ухудшения оптики и перерабатываемости.
- LLDPE – для улучшения сварных, оптических свойств, физико-механических
- mLLDPE – для улучшения сварных, оптических свойств, физико-механических

# ПЛЕНКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## Парниковые пленки

**Требования:**

- Стойкость к УФ-излучению
- Отсутствие запотевания (антифог-эффект)
- Физико-механические характеристики
- Прозрачность для проникновения света
- Толщина 80 – 250 мкм



80 – 150 мкм

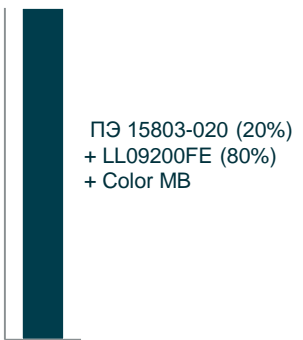
120 – 250 мкм. Также необходима усиленная рецептура светостабилизации



## Пленки для мульчирования

**Требования:**

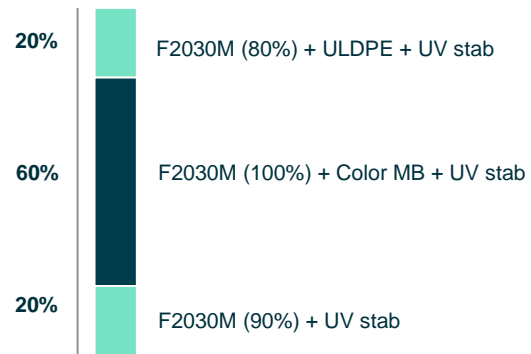
- Светонепроницаемость (могут быть черные, белые, металлизированные, цветные)
- Достаточные физико-механические характеристики
- Свето- или биоразлагаемость (срок службы 2-4 месяца)
- Толщина 15 – 80 мкм



## Сенажные пленки

**Требования:**

- Высокие требования к качеству
- Стойкость проколу, высокие стягивающие свойства;
- Эластичность и растяжимость;
- Хорошая липкость (cling эффект)
- Требуется стойкость к УФ излучению
- Повышенная барьерные свойства
- Толщина 20 – 25 мкм



# ПАКЕТЫ И МЕШКИ

## Пакеты

### LDPE

60% ПЭ15803-020  
+ 25% L09200FE  
+ 15% HD03580SB

30 - 60 мкм

### HDPE

90-95% HD80520FE  
или HD10500FE  
+  
LL09200FE (5-10%)

10 – 40 мкм

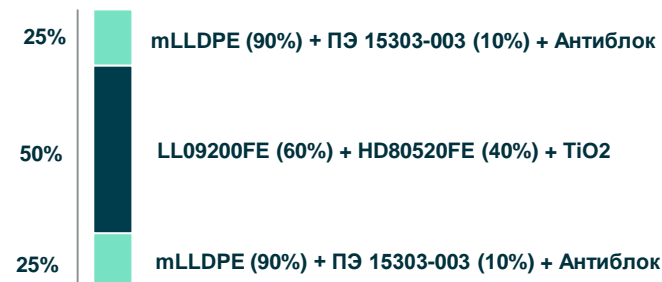
Часто используются меловые добавки для уменьшения себестоимости  
Высокий % использования вторичного сырья  
LLDPE используются для улучшения оптических свойств и сварки

#### Требования:

- Хорошие механические свойства
- Нанесение печати
- Свариваемость



## Мешки для упаковки удобрений, полимеров



- 3-5 слоев
- Толщина – 100 -160 мкм
- Тренд на снижение толщины пленки

#### Требования:

- Высокие механические свойства (стойкость к проколу, раздиру, жесткость)
- Качество печати
- Хорошие сварные характеристики
- Защита от УФ излучения



# СТРЕТЧ-ПЛЕНКИ

	Ручные	Машинные		
	Толщина - 15, 17, 20 мкм Престретч - 25-50% Малочувствительны к качеству	Толщина - 17, 20, 23 мкм		
		Standard престретч 150-180%	Power престретч 220-300%	Super Power престретч >300%
Оборудование	Диспенсер	Полуавтоматический паллетайзер	Автоматический паллетайзер	Высокоскоростной паллетайзер
Доля рынка	Европа – 45% всех стретч-пленок Америка – 60% Азия – 65% Африка – 70%	Европа – 55% всех стретч-пленок Америка – 40% Азия – 35% Африка – 30%		Ограниченное применение
Сырье	LLC4 – до 95% (LL30200FE или LL20200FE) Часто используют вторичное сырье (до 50%)	LLC4 – до 95% (LL30200FE или LL20200FE) Часто используют вторичное сырье (до 25%)	LLC6/8 и mLL - до 60-70%	LLC6/8 и mLL grades – до 95% Вторичное сырье не используется
Заказчики	Ритейлеры (дистрибуционные центры) Аэропорты Домашнее использование	Ритейлеры (дистрибуционные центры) Аэропорты Домашнее использование	FMCG Производители стройматериалов	

AMI Plastics, встречи с клиентами, производителями оборудования



# Методы испытаний пленочных материалов

---

## Характеристика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПЛЕНОК К ПРОКОЛУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПЛЕНОК

УДАРНАЯ ПРОЧНОСТЬ МЕТОДОМ СВОБОДНОПАДАЮЩЕГО БОЙКА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗДИРУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК

ОПРЕДЕЛЕНИЕ САМОАДГЕЗИИ СТЕЙЧ-ПЛЕНОК

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЛОКИРУЮЩЕЙ СИЛЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПЛЕНОК

---

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПЛЕНОК К ПРОКОЛУ



## Проведение испытания

Образец пленки закрепляется в специальном держателе разрывной машины, затем прокалывают пленку специальным щупом с постоянной скоростью.

Диаметр щупа – 0,8 мм, радиус закругления 0,4 мм

Скорость испытания – 1, 5, 10, 50 или 100 мм/мин (в зависимости от материала) Испытанию подвергают не менее 5 образцов каждой серии.

## Определяемые параметры

Нагрузка, Н

Удлинение, мм

## Применение

- ✓ Контроль качества и паспортизация продукции
- ✓ Контроль стабильности процесса производства
- ✓ Оптимизация технологических процессов
- ✓ Исследовательские работы



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПЛЕНОК

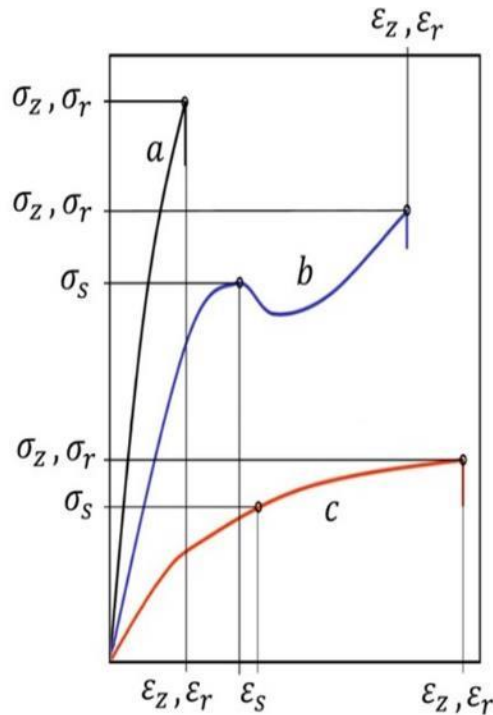


Диаграмма растяжения:

- а – материал без предела текучести (ориентированные пленки, например, БОПП)
- б – материал с пределом текучести (пленки из ПЭНП)
- с – материал с условным пределом текучести (стрейч-пленки)

1. Предел текучести при растяжении, МПа
2. Прочность при разрыве, МПа
3. Относительное удлинение при пределе текучести, %
4. Относительное удлинение при разрыве, %
5. Модуль упругости при растяжении, МПа

$$\sigma_{\text{PT}} = \frac{F_{\text{PT}}}{A_0}$$
$$\sigma_{\text{PP}} = \frac{F_{\text{PP}}}{A_0}$$
$$\varepsilon_{\text{PT}} = \frac{\Delta l_{\text{OT}}}{L_0} 100$$
$$\varepsilon_{\text{PP}} = \frac{\Delta l_{\text{OP}}}{L_0} 100$$
$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

## Описание

Испытуемый образец зажимают с помощью специальных захватов, растягивают с постоянной скоростью, предусмотренной в НТД на материал, и регистрируют необходимые параметры.

## Применение

- ✓ Контроль качества продукции
- ✓ Паспортизация продукции
- ✓ Исследовательские работы

# КЛЮЧЕВЫЕ РАЗЛИЧИЯ СТАНДАРТОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПЛЕНОК

Стандарт	ГОСТ 14236	ISO 527-3	ASTM D 882
<b>Модуль упругости</b>	Не определяется	Не определяется	Определяется
<b>Размеры и форма образца</b>	Полоски шириной 10-25 мм Лопатки тип 1, 2 по ГОСТ 11262	Полоски шириной 10-25 мм Лопатки тип 1, 2 по ISO 527-1	Полоски шириной 5-25 мм
<b>Скорость испытания</b>	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500 мм/мин	5; 50; 100; 200; 300; 500 мм/мин	12,5; 25; 50; 500 мм/мин
<b>Измерение деформации</b>	Измерители удлинения или Изменение расстояния между зажимами	Измерители удлинения	Измерители удлинения или Изменение расстояния между зажимами

# УДАРНАЯ ПРОЧНОСТЬ МЕТОДОМ СВОБОДНОПАДАЮЩЕГО БОЙКА

## Описание

В процессе испытания проводят равномерное изменение массы падающего груза, которую уменьшают или увеличивают на одинаковую величину после испытаний каждого образца в зависимости от результата (разрушился образец или не разрушился), наблюдаемого для данного образца. Заполняется таблица и вычисляется средняя масса падающего груза при 50% разрушенных образцов

Weight	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
550																				
520													X							
490												O		X						
460							X		X		O				X					
430				X		O		O		O						X				
400	X		O		O												X			
370		O																X		O
340																			O	
310																				
295																				

Разрушающую массу при ударе  $m_f$ , г  
вычисляют по формуле:

$$m_f = m_0 + \Delta m \left( \frac{A}{N} - 0,5 \right) \quad A = \sum_{i=1}^k n_i z_i$$

## Применение

- ✓ Контроль качества и паспортизация продукции
- ✓ Контроль стабильности процесса производства
- ✓ Оптимизация технологических процессов
- ✓ Исследовательские работы



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗДИРУ

## Метод Эльмендорфа



### Описание

Сопротивление раздиру по методу Эльмендорфа разработано для измерения прочности на разрыв образцов. Измерение основано на теории преобразования потенциальной энергии в кинетическую.

Работа, совершаемая при раздирании испытуемого образца, измеряется потерей потенциальной энергии маятника. Определяют силу **F**, **гс (Н)**, затраченную на разрыв образца

### Применение

- ✓ Контроль качества и паспортизация продукции
- ✓ Контроль стабильности процесса производства
- ✓ Оптимизация технологических процессов
- ✓ Исследовательские работы

## «Брючный метод»



### Описание

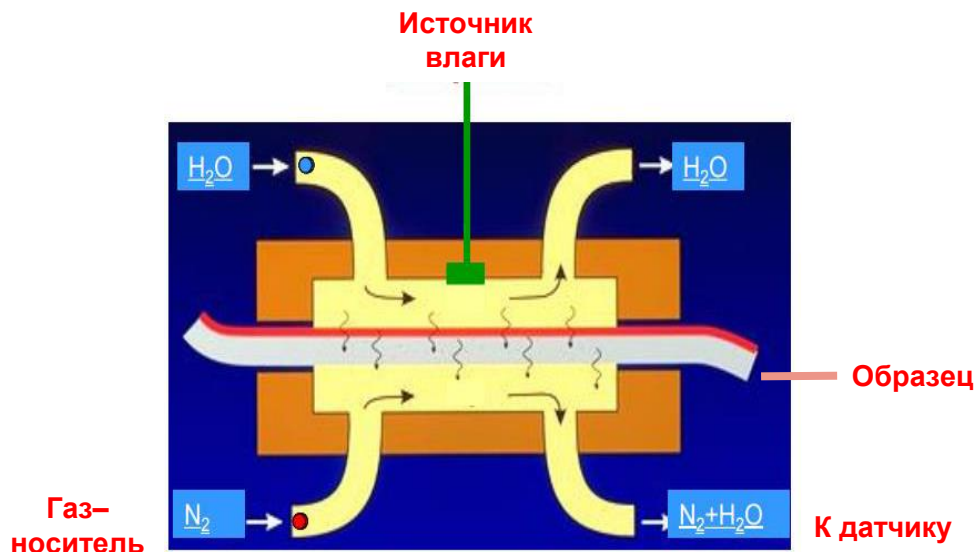
«Брючный» метод заключается в растяжении испытуемого образца с концентратором напряжения с постоянной скоростью

Определяют на пленках с более низкими значениями сопротивления раздиру.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК

## Паропроницаемость

Скорость проникновения водяного пара,  $\text{г/м}^2 \cdot 24\text{ч}$

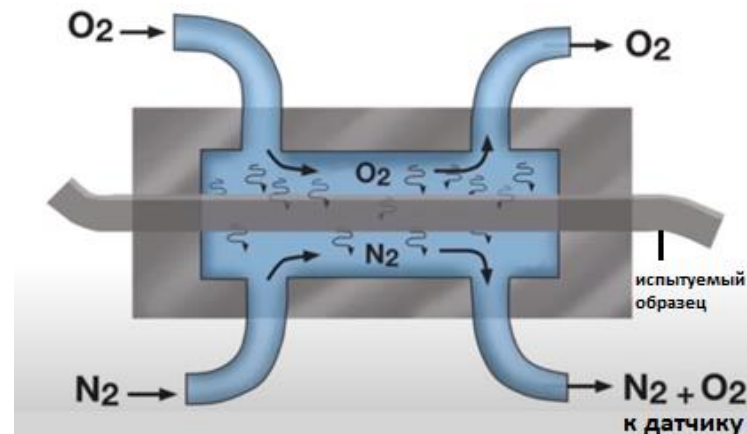


Полиэтилен и полипропилен не отличаются высокой стойкостью к проникновению газов  
Основные способы повышения барьерных свойств пленок:

- соэкструзия
- ламинирование
- экструзионное ламинирование
- металлизация

## Кислородопроницаемость

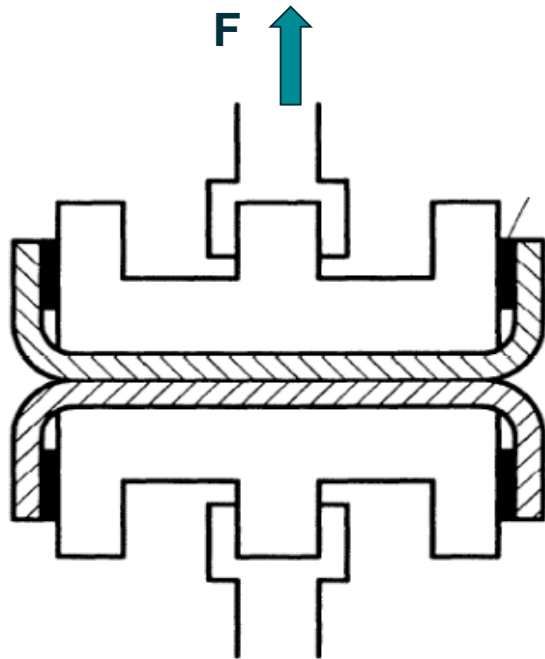
Скорость проникновения кислорода,  $\text{см}^3/\text{м}^2 \cdot 24\text{ч}$



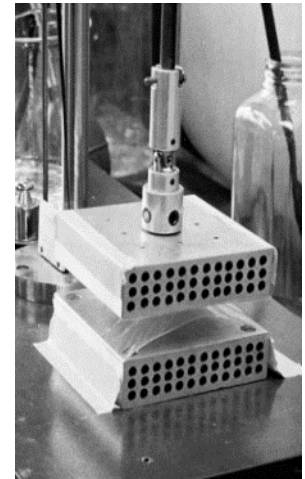
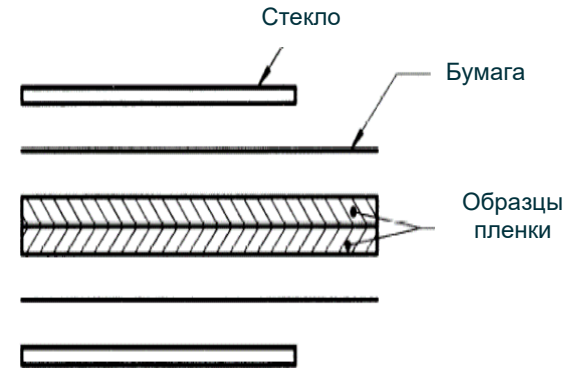
## Применение

- ✓ Контроль качества и паспортизация продукции
- ✓ Контроль стабильности процесса производства
- ✓ Оптимизация технологических процессов
- ✓ Исследовательские работы

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЛОКИРУЮЩЕЙ СИЛЫ



## Подготовка образцов



«Сэндвич» выдерживают под нагрузкой 2,3 кг при температуре 50 °С в течение 3 часов

## Проведение испытания

Подготовленный образец помещают между верхней и нижней плитами разрывной машины, фиксируя скотчем.

Затем проводят испытание со скоростью раздвижения зажимов 5 мм/мин

За результат испытания принимают среднее значение максимальной нагрузки  $F$ ,  $H$ , необходимое для разделения 5 пар образцов

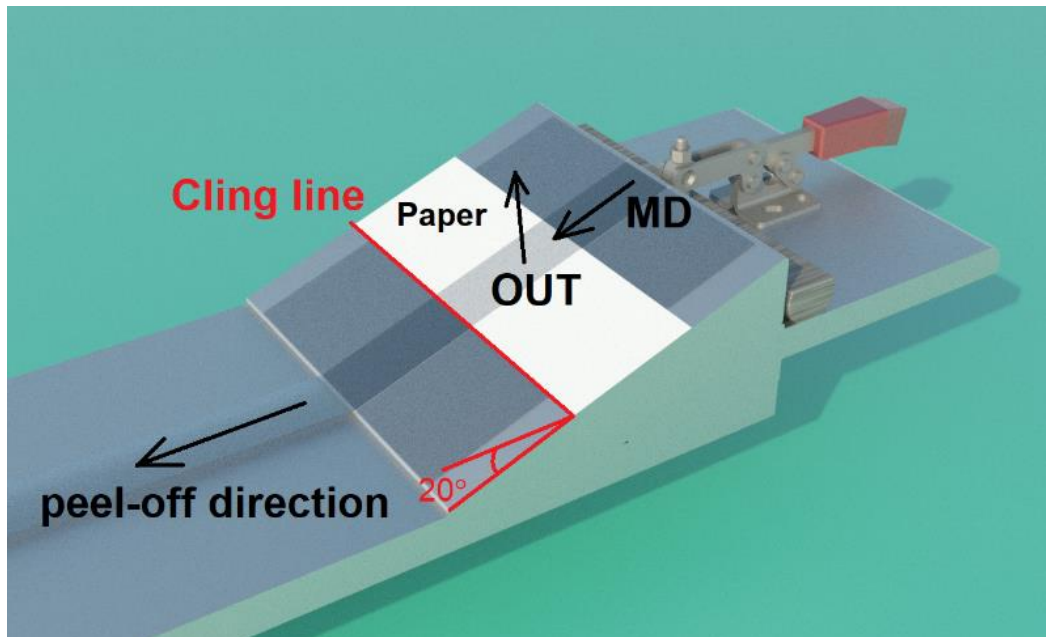
## Применение

- ✓ Оптимизация технологических процессов
- ✓ Исследовательские работы
- ✓ Разработка рецептуры пленок

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ САМОАДГЕЗИИ СТРЕЙЧ-ПЛЕНОК

(основано на ASTM D5458)

Схема испытания



Подготовка образцов



## Подготовка к испытанию

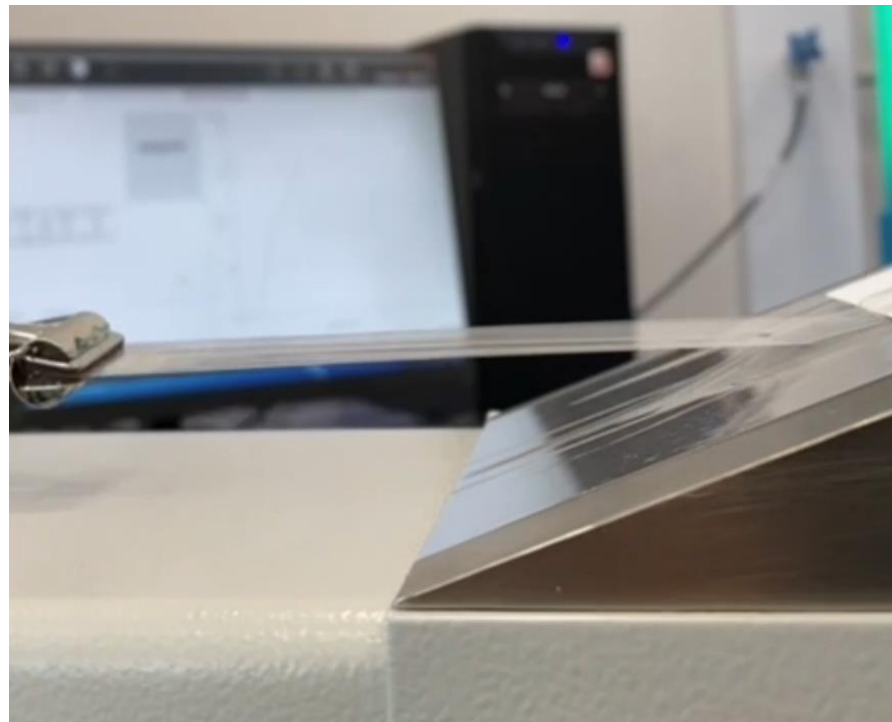
Образец стрейч-пленки закрепляют на оснастке внешней стороной вверх и закрепляют зажимами. Сверху прикладывают полоску пленки шириной 1 дюйм внешней стороной вверх, прикатывают специальным валиком.

## Значение метода

- ✓ Более высокое значение показателя свидетельствует о лучшем сохранении целостности упаковки.
- ✓ Возможно снижение количества адгезионной добавки.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ САМОАДГЕЗИИ СТРЕЙЧ-ПЛЕНОК

(основано на ASTM D5458)



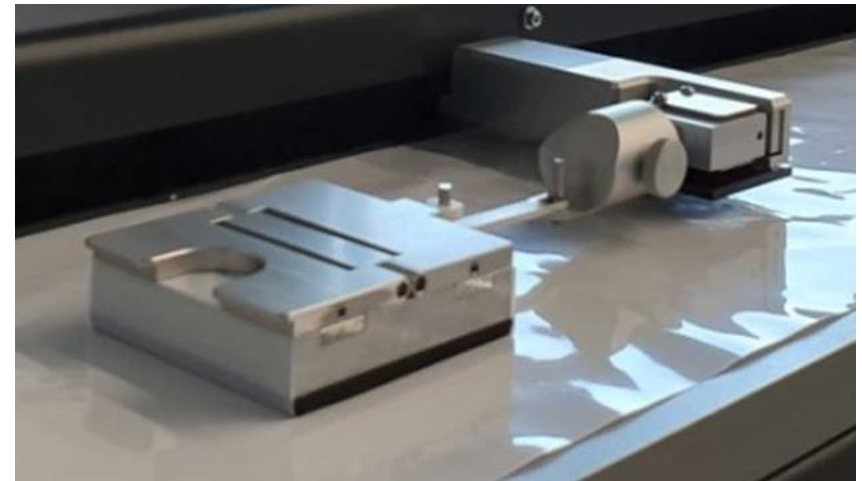
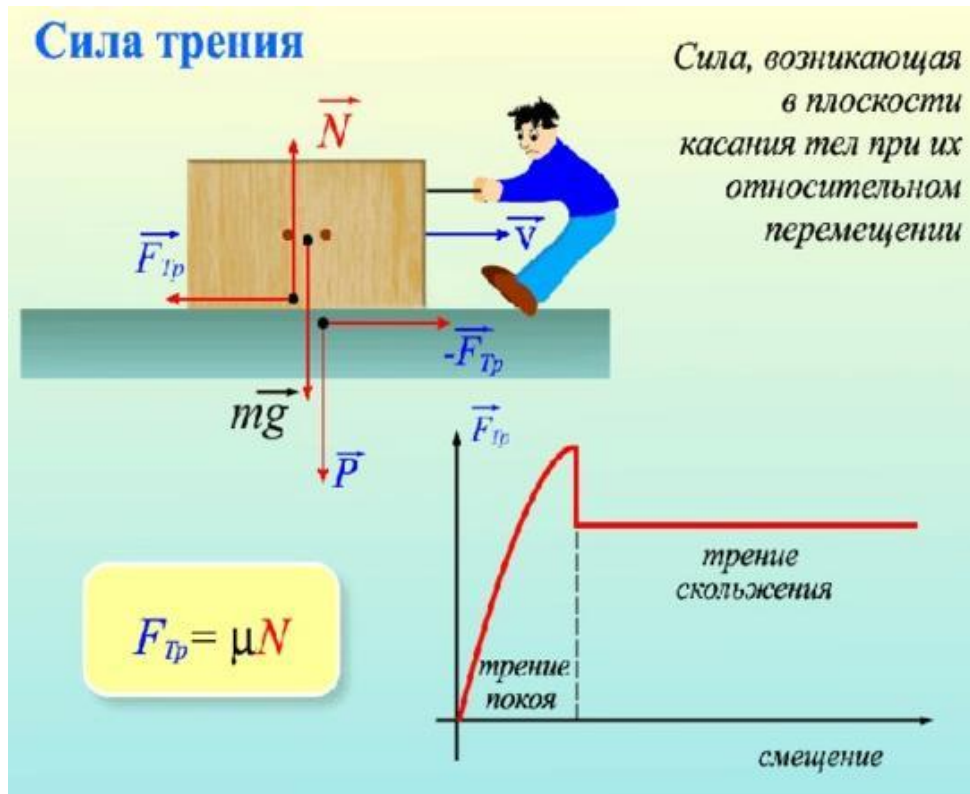
## Проведение испытания

Закрепляют свободный конец образца в зажим, начинают его отслаивание с постоянной скоростью.

Фиксируют значение нагрузки в момент отрыва верхней полоски пленки, соответствующей значению угла  $20^\circ$  (cling line).



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПЛЕНОК



## Применение

- ✓ Контроль качества и паспортизация продукции
- ✓ Контроль стабильности процесса производства
- ✓ Оптимизация технологических процессов
- ✓ Исследовательские работы

Статический коэффициент трения

$$\mu_s = \frac{A_s}{B}$$

$A_s$  – исходное показание движения на шкале, г  
 $A_k$  – среднее показание шкалы, при равномерном скольжении, г  
 $B$  – вес салазок, г

Кинетический коэффициент трения

$$\mu_k = \frac{A_k}{B}$$

# КЛЮЧЕВЫЕ РАЗЛИЧИЯ СТАНДАРТОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ

Стандарт	ГОСТ 27492	ISO 8295	ASTM D 1894
Время кондиционирования, ч	40 ч	23 ч	40 ч
Материал салазок	Пористая резина	Войлок	Пористая резина
Материал испытательного столика	Пластмасса Дерево Металл Стекло	Металл	Пластмасса Дерево Металл Стекло
Скорость испытания	(150±30) мм/мин	(100±10) мм/мин (500±10) мм/мин	(150±30) мм/мин

## Факторы, влияющие на результаты измерений

- ✓ Скорость испытания
- ✓ Условия испытания и кондиционирования
- ✓ Время с момента изготовления образца
- ✓ Качество подготовки образца, направление
- ✓ Сторона испытания

A photograph of a modern industrial factory interior. The scene is dominated by a white metal staircase on the right side, leading to an upper level. In the background, there are various pieces of industrial machinery, including what appears to be a large white cabinet or control panel. The floor is a light-colored, possibly concrete or metal grating. The overall atmosphere is clean and professional. A large white box with a teal border is superimposed over the center of the image, containing the text 'СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!' in teal capital letters.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

# Ваши контакты в Сибур



**Щапова  
Елена  
Александровна**  
Главный Эксперт  
СИБУР ПолиЛаб

+7 913 828 57 57  
schapovaea@sibur.ru



**Сингин  
Павел  
Владимирович**  
Главный Эксперт  
СИБУР ПолиЛаб

+7 902 319 36 99  
singinpav@sibur.ru



**Ромеро  
Бланко  
Хосе**  
Менеджер  
СИБУР ПолиЛаб

+7 982 961 35 85  
romeroblankokho@sibur.ru



[https://vk.com/sibur\\_polylab](https://vk.com/sibur_polylab)



<https://t.me/siburpolylab>