

Направление подготовки бакалавров  
«Химическая технология»

# Химическое сопротивление материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,  
доцент



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Эластомеры

**Эластомеры (резины)** – полимерные материалы, с высокой способностью к упругой деформации. Относительное удлинение у лучших сортов резин может достигать до 100%.

Резина – сложный композиционный материал основным компонентом которого является каучук или смесь каучуков.

Каучуки делятся: на каучуки общего назначения и каучуки специального назначения.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Резина- как конструкционный материал

### **Ценные свойства резин:**

- Высокая склонность к упругой деформации;
- Стойкость и не проницаемость по отношению к воде;
- Низкая плотность;
- Низкая теплопроводность (0,23 – 0,7 Вт/м К);
- Коррозионная стойкость в солях, кислотах и щелочах, превышающая стойкость металлов;
- Хорошие изоляционные свойства;
- Газонепроницаемость
- Высокие удельные прочностные характеристики;
- Лёгкость обработки , хорошие технологические свойства (литье, экструзия, склеивание);



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Резина- как конструкционный материал

### Недостатки резин:

*Невысокая теплостойкость (70-150°С), (Фторкаучук до 250°С)*

*Невысокая морозостойкость (-50 - -70°С)*

*Низкая твёрдость;*

*Склонность к различным видам старения;*

*Нестойкость в растворителях;*

*Пожароопасны.*

*Токсичность выделяемых при тепловой деструкции и пожаре компонентов.*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки общего назначения

- **Общего назначения:**  $(-CH_2 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{C} = CH - CH_2 -)_n$   
Натуральный;

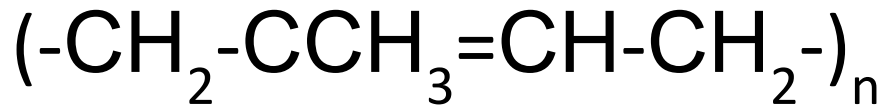
Закупается во Вьетнаме, Индонезии, Малайзии.

Дешевле синтетического изопренового каучука. Высокая когезионная прочность (прочность при сборке деталей из сырой резины). Хорошие динамические свойства. Легко стареет, в частности под действием света.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки общего назначения



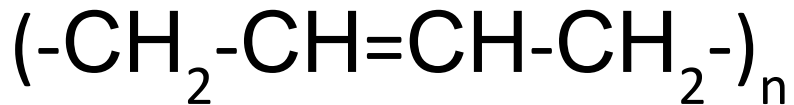
Изопреновый; **СКИ-3**.

Хорошие динамические свойства, и хорошая когезионная прочность, но несколько хуже, чем у натурального, более дорог чем натуральный каучук.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки общего назначения



Бутадиеновый;

Синтетический каучук дивиниловый

Обозначение: **СКБ** или **СКД-1, СКД-2, СКД-3** и т.д.

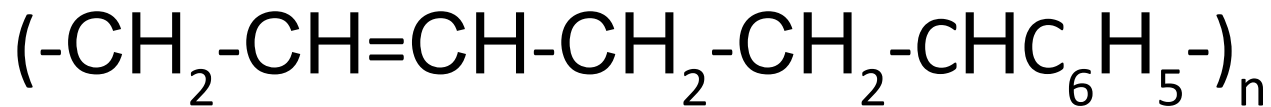
Высокая износостойкость,  
морозостойкость, эластичность, более  
высокая стойкость к световому  
старению.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки общего назначения

### Бутадиенстирольный



Обозначение: **СКС10, СКС 30, СКС 50** –

синтетический каучук стирольный (прочность  
возрастает, морозостойкость падает)

или **СКМС** – синтетический каучук  
метилстирольный.

Более дешевый, хорошие технологические свойства,  
в частности когезия.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки специального назначения

- Синтетический каучук нитрильный  
( $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHCN}-$ ) **СКН-18**,  
**СКН-26**

**БНК** – Бутадиен нитрильный каучук.

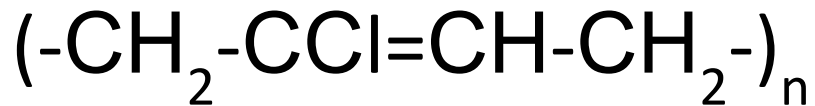
Наиболее ценное свойство стойкость к действию минеральных масел и бензинов, меньшая газопроницаемость. Обувь для нефтяников. РТИ в автомобилях.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки специального назначения

- Хлорпреновый; (Наирит) **ХП**



Самый регулярный, поэтому высокая прочность. Повышенная масло- и бензостойкость.

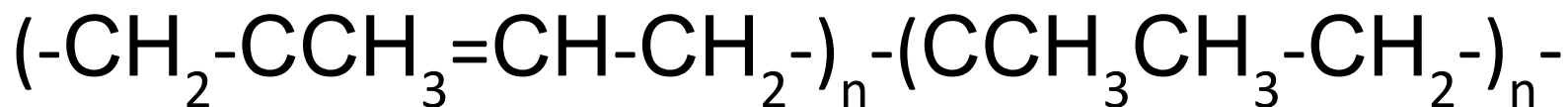
Уникален для клеев, используется для гумирования.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки специального назначения

- Бутилкаучук; **БК**



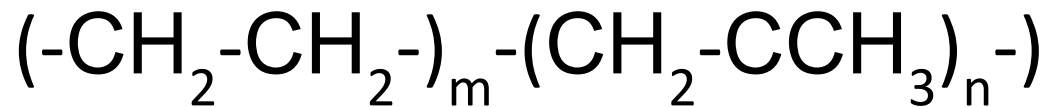
Выше стойкость к окислению, т.к. меньше двойных связей, газонепроницаем, более химически стоек



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки специального назначения

- Этиленпропиленовый; **СКЭП**



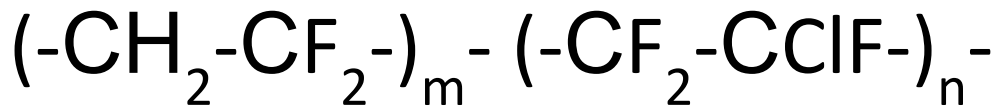
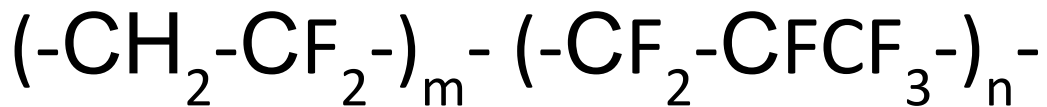
Листовой резиноподобный материал, похожий на полиизобутилен, но с более высокой морозостойкостью, используется в северных широтах, более высокая химическая стойкость за счет отсутствия двойных связей



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Каучуки специального назначения

- Фторкаучук **СКФ – 26, СКФ-32.**



Прочность когезии, высокая

термостойкость, самая высокая масло-бензостойкость, высокая химическая стойкость.

Но: низкая морозостойкость, на порядок дороже других каучуков.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Компонентный состав эластомеров

1. Каучук или смесь каучуков;
2. Вулканизирующая группа ( $S_8$ , каптакс, оксиды металлов, стеарин (соактиватор)) и т.д.
3. Наполнители:
  - 3.1. активные: технический углерод (сажа),  $ZnO$  (цветная резина);
  - 3.2 неактивные: мел, каолин.
4. Пластификаторы (стабилоил, парафин, масло)
5. Противостарители: неозон, воск, парафин.

Приготовление резин: смешение ингредиентов, чем равномернее состав смеси, тем выше качество резины (вулканизирующая группа вводится в последнюю очередь).  
Далее вулканизация.



## *Химическая стойкость резин*

### 1. По отношению к активным реагентам.

Если сравнивать химическую стойкость пластмасс и резин, то за счёт двойных связей в составе резин они являются более активными. Поэтому если пластмассы разрушаются под действием концентрированных кислот, то резины стоят только в солевых растворах и в растворах кислот слабых и средних концентраций.

Так как в слабых и средних кислотах металлы стоят плохо, то резины с успехом применяются для защиты металлов. Этот процесс называется гуммирование.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## *Химическая стойкость резин*

### 2. По отношению к растворителям.

- По отношению к воде все виды резин ведут себя достаточно инертно и поэтому широко используются как уплотняющие материалы.
- По отношению ко многим растворителям резины не инертны, они набухают и могут даже растворяться.
- Наиболее важное свойство для резин их маслостойкость и бензостойкость СКН, ХП. СКФ (уплотнение гидравлических систем с маслом).





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Свойства и устойчивость эластомеров в различных средах

Каучук	Прочность	Эластичность	Температурная устойчивость	Стойкость в кислотах	Стойкость в неорганических окислителях	Стойкость в минеральных маслах
СКИ	3	3	70 <sup>0</sup>	2	1	1
СКД	2	3	70 <sup>0</sup>	2	1	1
Бутадиен-стирольный, СКС	3	2	70 <sup>0</sup>	2	1	1
СКН	2	2	70 <sup>0</sup>	2	1	3
ХП	3	2	70 <sup>0</sup>	2	1	3
СКФ	2	2	250 <sup>0</sup>	3	2	3
БК	2	2	100 <sup>0</sup>	3	2	1



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Применение резин

Шины  
Каучуки общего  
назначения





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Применение резин

Уплотняющие и амортизирующие материалы (прокладки. Сальники, уплотнители.)





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Применение резин

Обувь (сапоги, галоши, элементы обуви,  
подошвы).

Шланги, элементы сантехники





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Виды старения резин

- **Тепловое** старение (тепловая деструкция)
- **Атмосферное** старение:
  - световое,
  - озонное,
  - радиационное.
- **Утомление** старение, вызванное нагрузками (внутренними или внешними) на резины;
- **Коррозия под действием химических веществ** растворителей; реагентов.



## Тепловое старение эластомеров

### Термическое окисление

- При воздействии высоких температур ( $>70^{\circ}$ ) в резинах может идти три процесса:
- Дальнейшая вулканизация – дальнейшая полимеризация и циклизация. В результате теряется эластичность резины, она становится более твёрдой и хрупкой;
- Окисление резин под действием кислорода – приводит к тому, что связи ухудшаются, это приводит к потере эластичности, прочности; (открытая атмосфера)
- Деструкция полимерных молекул. Потеря прочности и эластичности (закрытая атмосфера).





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Тепловое старение эластомеров

Большинство резин способны эксплуатироваться только до  $70\text{ C}^{\circ}$ ;

Более теплостойким резинами являются эластомеры на основе бутилкаучука и этиленпропиленового каучука до  $100\text{ C}^{\circ}$

Наиболее теплостойки до  $250\text{ C}^{\circ}$  (СКФ-26) эластомеры на основе фторкаучуков.

Термическая устойчивость эластомеров увеличивается за счет введения в их состав антиоксидантов.



## Атмосферное старение резин

- **Световое старение**

К световому старению каучуки очень неустойчивы, резины значительно более устойчивы, так как в них есть сажа, которая поглощает световые лучи, и антиоксиданты. Считается, что резины подвергаются световому старению при действии любых длин волн, однако наиболее опасен ультрафиолет.

Суть старения- окисление резин инициируемое светом. Старение резин проявляется в том, что резины растрескиваются под действием света.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Защита от светового старения

Повышение стойкости эластомеров к световому старению:

1. Введение в состав резин антистарителей:

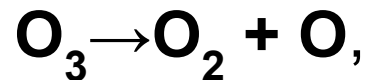
- химические антиоксиданты (альдоль, неозон);
- физические антистарители (воск, парафин);

2. Нанесение на резину лакокрасочных покрытий (белая эмаль, серебрянка).



## Озонное старение

Наблюдения показывают, что резины стареют даже в темноте. Причиной такого старения является озон. Озона в атмосфере немного, но он очень активный, на поверхности эластомеров разлагается на молекулярный и атомарный кислород



атомарный кислород очень активен и при любой температуре окисляет молекулы эластомера.

Экспериментально отмечено, что озонное старение, проявляющееся в растрескивании эластомера, прежде всего происходит в зонах где эластомер напряжен, т.е. хотя бы на 5% деформирован.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Морозостойкость резин

- При понижении температуры в резинах уменьшается эластичность, они становятся более хрупкими. Такое изменение механических свойств обусловлено двумя процессами:
- а) процесс кристаллизации резины – ему подвергаются резины с упорядоченным строением;
- б) процесс стеклования – характерен для неупорядоченных (аморфных) резин.

Каждый вид резины обладает своим температурным интервалом морозостойкости (например, морозостойкость резин на основе изопренового каучука выше, а фторкаучука не высокая).



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Деформационное старение эластомеров, утомление

Утомление (старение эластомеров под действием деформации) – процесс постепенного окисления их кислородом с последующим растрескиванием.

Инициатором окисления служат нагрузки:  
статические и динамические.

Чем больше деформация, тем быстрее процесс старения.

Примеры: обувь, резиновые трубки.