

Каучуки и резины

Каучуки и резины относятся к **эластомерам**, т.е. полимерам и материалам на их основе, которые при нормальной температуре способны к огромным обратимым **деформациям**.

Эластомеры — полимеры, обладающие в диапазоне эксплуатации **высокоэластичными** свойствами.

Не все аморфные полимеры являются эластомерами.

Это зависит от его температуры стеклования: эластомеры обладают низкими температурами стеклования.

Эластичность – это способность к обратимой деформации, особое свойство некоторых полимеров, характерное для лишь при определенных значениях температур.

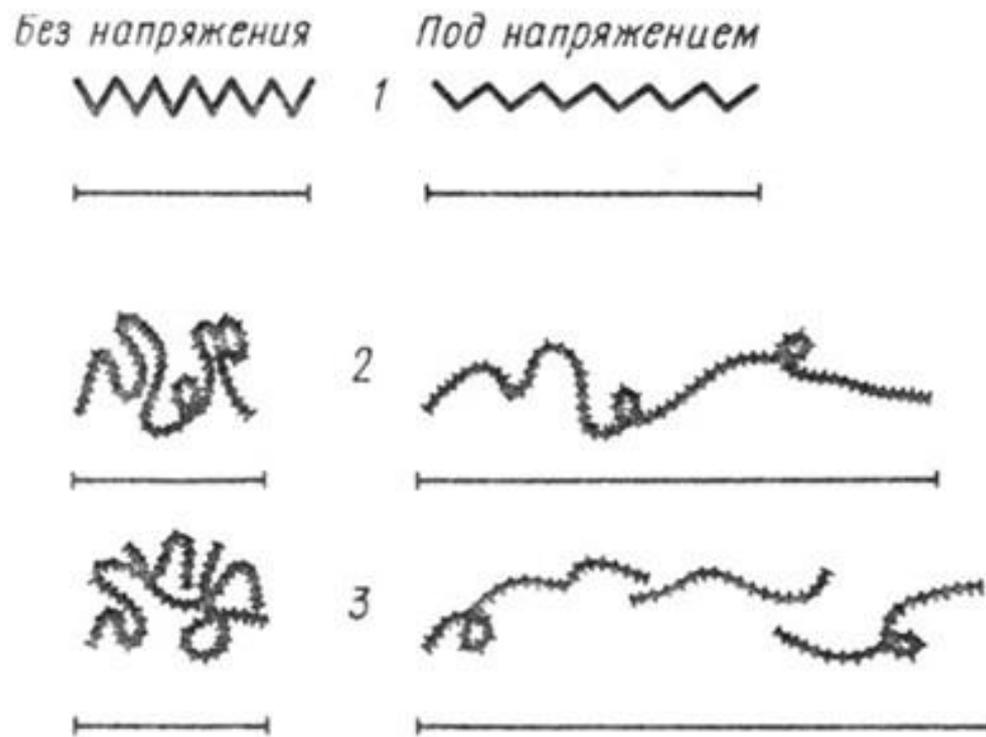
При нагревании каучук из эластичного состояния переходит в вязкотекучее. Силы взаимодействия между молекулами ослабевают, полимер не сохраняет форму и напоминает очень вязкую жидкость.

При охлаждении каучук из эластичного переходит в стеклообразное состояние, становится похож на твердое тело. Такой полимер легко и обратимо не растягивается при приложении нагрузки. Он сразу рвется, если нагрузка слишком велика.

Физические состояния аморфных полимеров

Схематическое изображение молекулярных процессов при деформации

- При низких температурах атомы в молекуле совершают тепловые колебательные движения около своих равновесных положений.
- С повышением температуры дополнительно к тепловым колебаниям атомов, частота которых увеличивается, начинается перемещение звеньев и групп звеньев — сегментов молекулы.
- При высоких температурах возможно перемещение целых макромолекул.

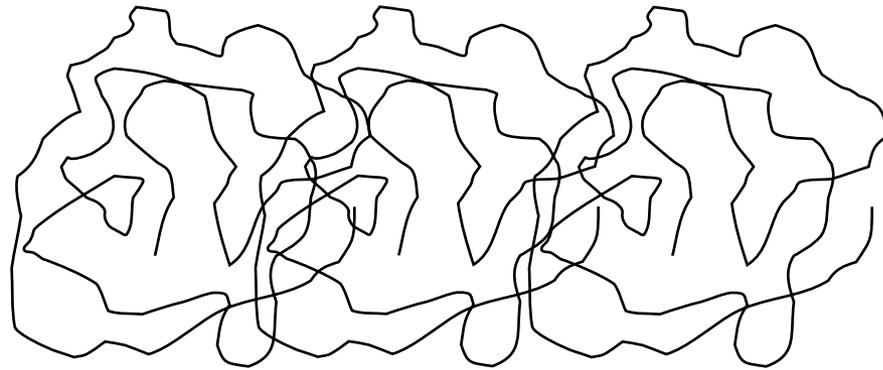


1. Стеклообразное
2. Высокоэластическое
3. Вязкотекучее

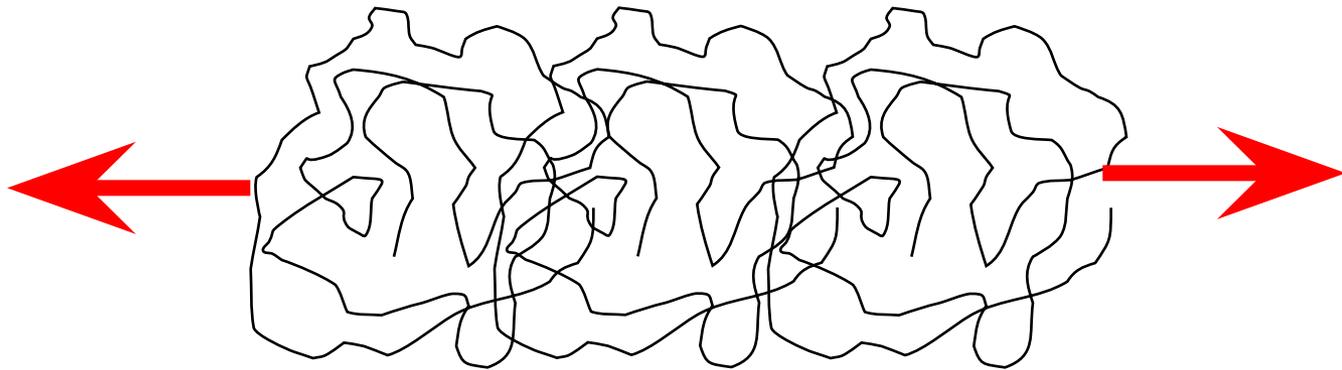
Высокоэластичное состояние полимера

- Нагружение при $T > T_c$ происходит в условиях, когда *подвижностью обладают звенья и сегменты молекул.*
- Под действием напряжений кроме упругой деформации *происходит выпрямление участков-сегментов макромолекул* без того, чтобы молекула в целом переместилась в новое положение. Достигаемые деформации в этих условиях могут быть очень велики.
- Устранение деформирующей силы приводит к обратному скручиванию молекул и восстановлению размеров тела. *Это происходит со скоростью, которая определяется временем релаксации этого процесса при данных условиях.* Время релаксации этих процессов может быть весьма большое.

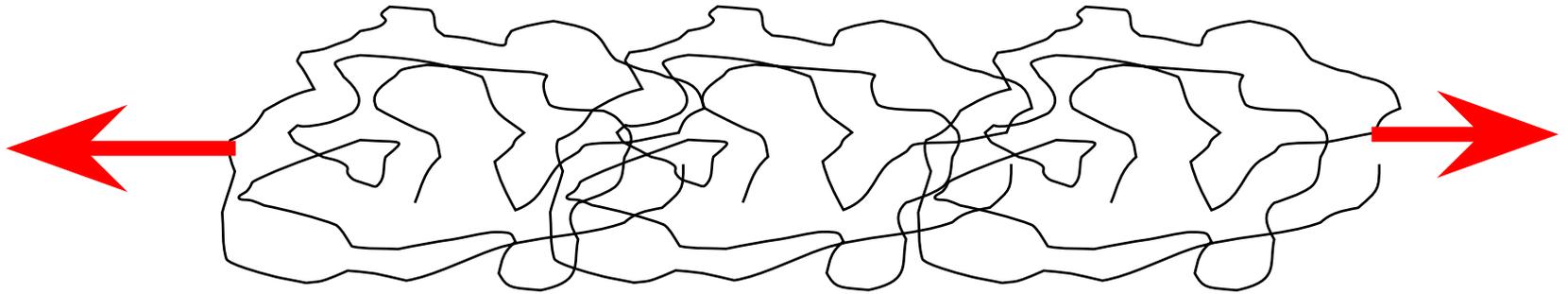
Высокоэластическое состояние



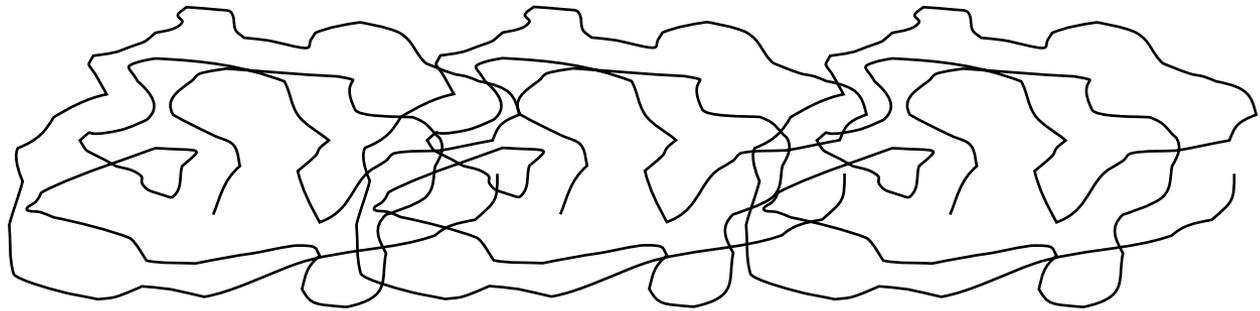
Высокоэластическое состояние



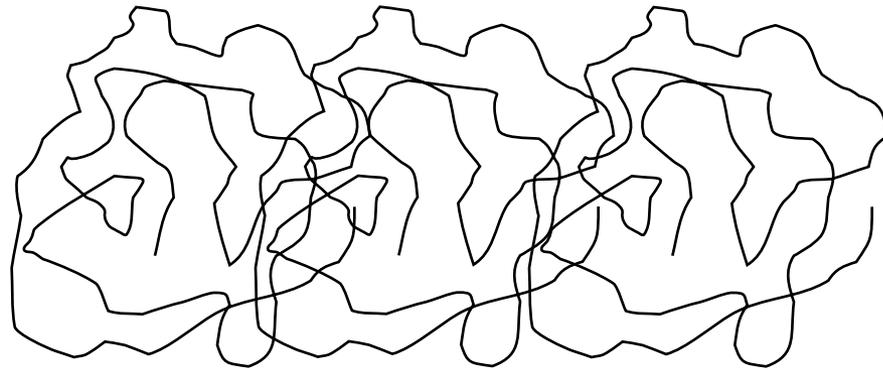
Высокоэластическое состояние



Высокоэластическое состояние

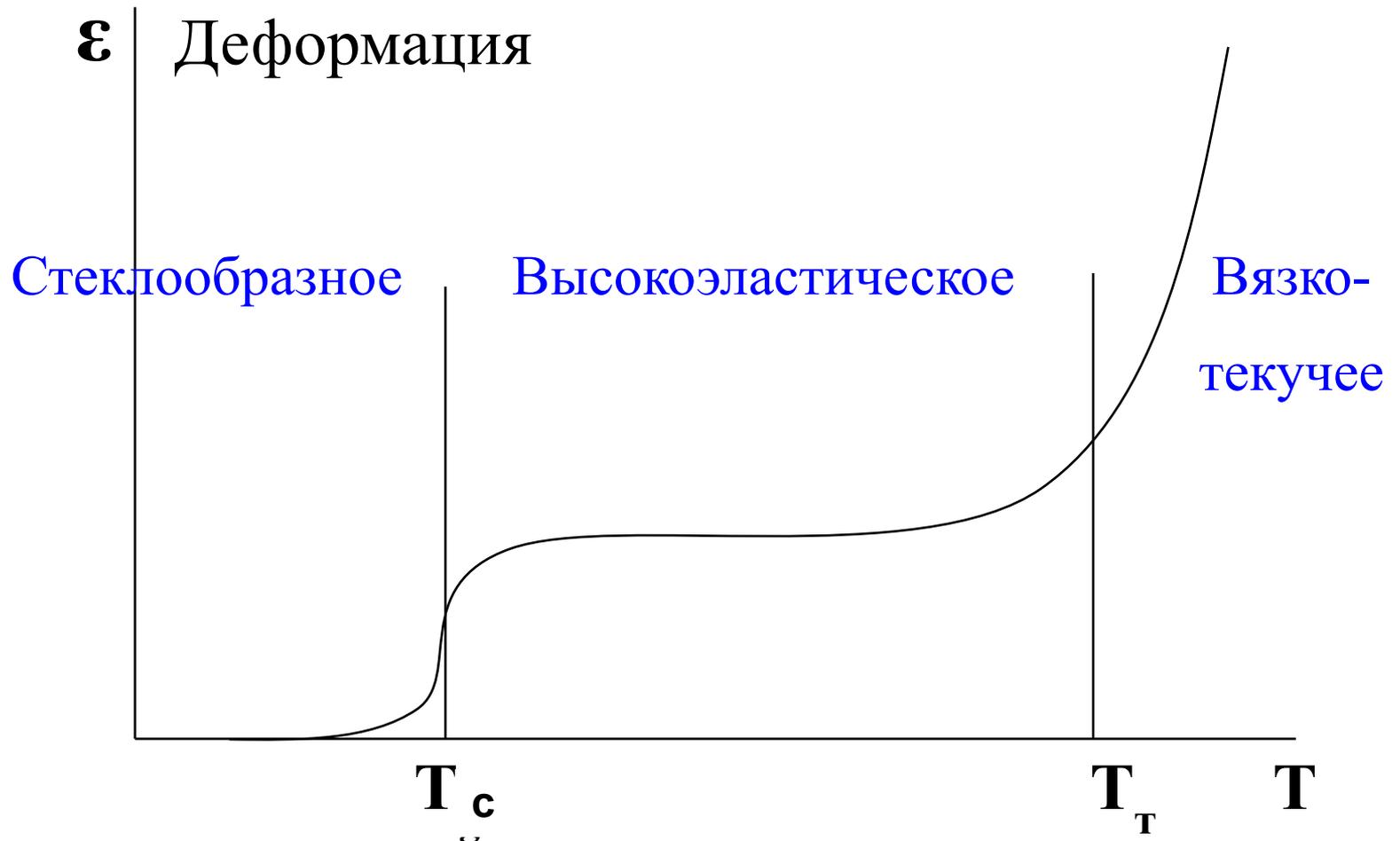


Высокоэластическое состояние



Термомеханическая кривая аморфного полимера

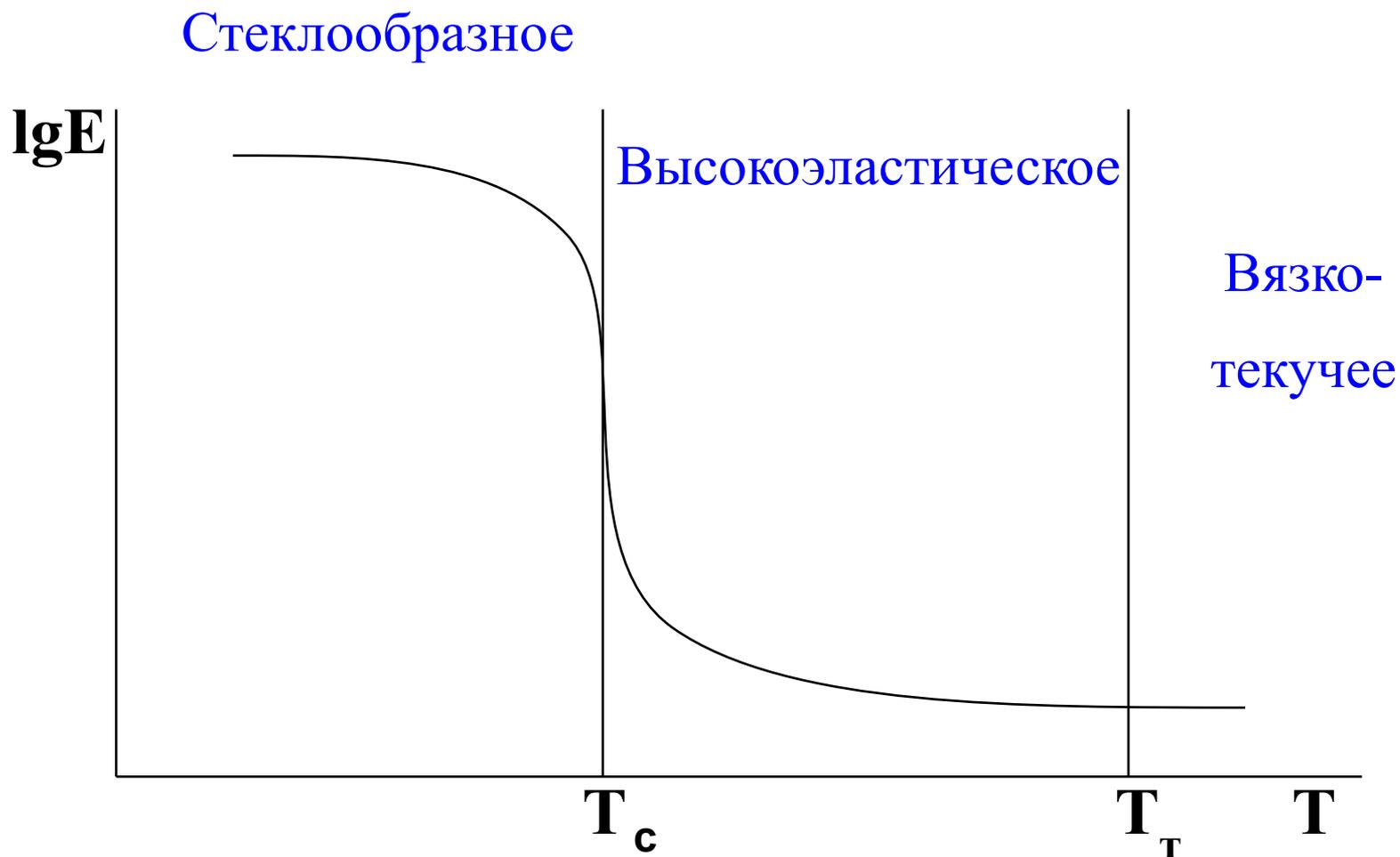
График изменения деформации от температуры называется термомеханической кривой.



- Разница между температурой текучести и температурой стеклования (высокоэластичное состояние) занимает тем больший температурный интервал, чем больше молекулярная масса полимера.
- *Каучуки представляют собой линейные или слабоветвленные полимеры с высокой молекулярной массой.*
- У кристаллических полимеров высокоэластического состояния нет или оно выражено очень слабо, у них почти совпадают температура стеклования и температура текучести.

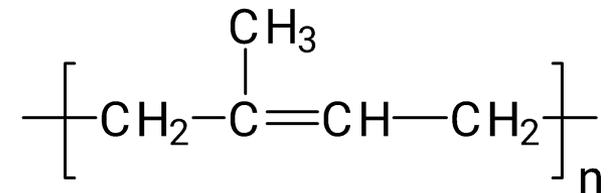
- В зависимости от *модуля упругости* выделяют **жесткие, полужесткие, мягкие и эластичные** пластмассы.
- **Жесткие** пластмассы разрушаются хрупко с незначительным удлинением при разрыве (фенолоформальдегидные и полиэфирные пластмассы имеют модуль упругости более 1000 МПа).
- **Мягкие** пластмассы (полиэтилен и др.) имеют модуль упругости 20—100 МПа, для них характерно высокое относительное удлинение при разрыве.
- **Полужесткие** пластмассы (полипропилен и др.) имеют промежуточные значения модуля упругости 400—1000 МПа.
- Для **эластичных** пластмасс (резины и близких к ней материалов) модуль упругости не превышает 20 МПа, при нормальной температуре деформации их в основном обратимы.

Модуль упругости аморфного полимера



- По происхождению каучуки делятся на:
- **натуральные (НК)**
- **синтетические (СК)**
- **Натуральный каучук** - продукт коагуляции млечного сока (латекса) растений семейства **гивей**.
- По химической природе каучук представляет собой **полиизопрен**.

Структура натурального каучука линейная или слаборазветвленная. Это дорогой, дефицитный продукт, составляющий 30% в общем объеме потребления каучуков.



Натуральный каучук



Натуральный каучук получают из латекса — млечного сока гевеи. Чтобы заставить его вытекать, на коре дерева делают V-образные надрезы. Со здорового дерева латекс можно собирать в течение 30 лет



Собранный на плантации латекс привозят на перерабатывающий завод. Здесь его моют, измельчают и шаг за шагом превращают в натуральный каучук — сырье, необходимое шинной промышленности

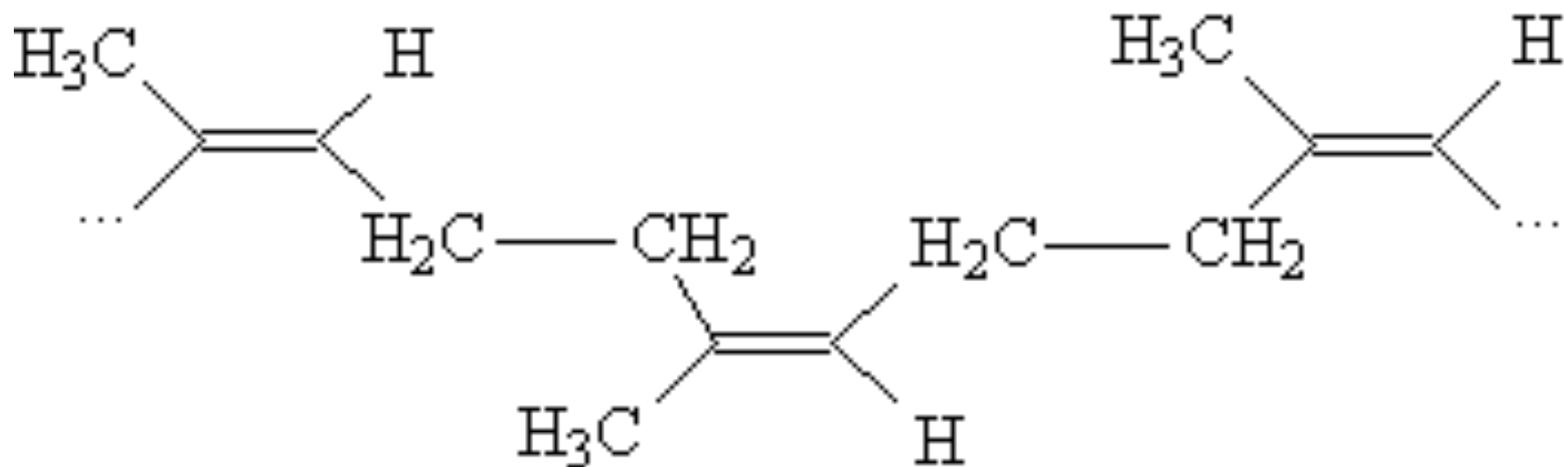
В натуральном каучуке содержится 90–96% углеводорода полиизопрена, это один из его основных компонентов.

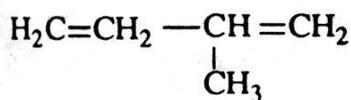
Натуральный латекс, представляющий собой водную эмульсию каучука, содержит 34–37% каучука, 52–60% воды, а также белки, смолы углеводы и минеральные вещества. Из латекса каучук коагулируют органическими кислотами, промывают водой и прокатывают в листы, которые сушат и коптят дымом. Копчение предохраняет каучук от окисления и действия микроорганизмов. **Пластикация каучука** осуществляется путем многократного пропускания через подогреваемые вальцы, в результате чего материал приобретает повышенную пластичность, необходимую для приготовления резиновой смеси.



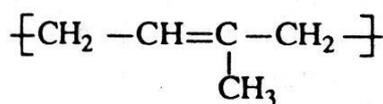
Так выглядит исходное сырье, которое собирают на плантациях гевеи (на фото слева). Справа — тот же материал, но прошедший пластикацию

- **Полиизопрен** натурального каучука является линейным стереорегулярным полимером.
- Практически все звенья изопрена 98–100% в макромолекуле присоединены в цис-1,4-положении.
- Молекула натурального каучука может содержать 20–40 тыс. элементарных звеньев, его молекулярная масса составляет от 1 400 000–2 600 000.
- Он нерастворим в воде, зато хорошо растворяется в большинстве органических растворителей.

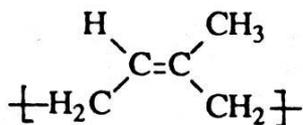




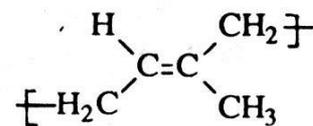
Изопрен
(метилбутадиен)



Полиизопрен



цис-1,4-Полиизопрен



транс-1,4-Полиизопрен

существует природный геометрический изомер каучука – гуттаперча, представляющая собой *транс*-1,4-полиизопрен:

Различия в пространственном расположении заместителей у каучука и гуттаперчи приводят к тому, что и форма макромолекул этих веществ тоже различна. Молекулы гуттаперчи не закручены в клубки так, как каучук. Они вытянуты даже без нагрузок, поэтому гуттаперча менее эластична.

Синтетический каучук

– продукт полимеризации мономеров углеводородного, нитрильного, сульфонового и других типов.

Возможно получение большого числа сополимеров (250 видов синтетических каучуков).

Синтетические каучуки имеют более разветвленную структуру, чем натуральные. По свойствам отличаются от натуральных каучуков, могут обладать свойствами неприсущими натуральным каучукам.

Из-за двойных связей синтетические каучуки способны образовывать сшитую структуру и отверждаться.

Основное их назначение - переработка в резину.

- **ГУДЬИР, ЧАРЛЗ** (Goodyear, Charles) (1800–1860), американский изобретатель нашел оптимальный режим вулканизации каучука и в 1844 получил патент на свое изобретение.
- Впоследствии оказалось, что натуральный каучук состоит в основном, на 93-94%, именно из полиизопрена.
- В 1879 г., используя изопрен, полученный сложным химическим путем из скипидара,



- Г. Бушарда** в результате реакции полимеризации добился образования продукта, по своим свойствам очень близкого к каучуку. Спустя 6 лет ученик А. М. Бутлерова молодой русский химик **А. Л. Кондаков** осуществил первый синтез изопрена.
- А в 1909 г. **С.В. Лебедев** получил первый каучукоподобный искусственный полимер из углеводорода дивинила(бутадиена)



Основным процессом переработки каучука в резину является вулканизация, т.е. сшивание макромолекул при температуре равной 140-180⁰С с помощью сшивающих агентов – серы, селена, оксидов металлов - **вулканизаторов**.

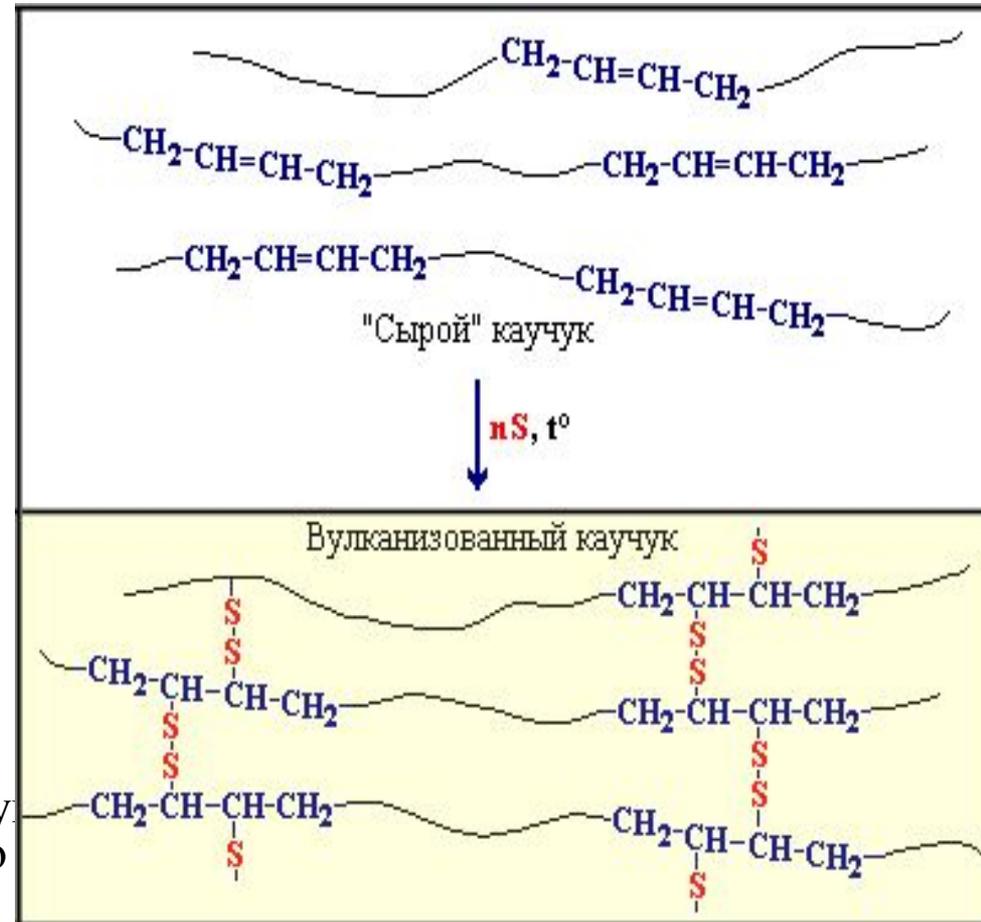
Смесь каучука и вулканизатора называют сырой резиной. После вулканизации получают **резину** или **вулканизат**.

- **Каучук очень эластичен**
(высокоэластическое состояние).
- **При нагревании каучук размягчается, деформируется становится клейким** (переходит в вязкотекучее состояние).
- **При охлаждении каучук становится твердым и хрупким** (переходит в стеклообразное состояние).

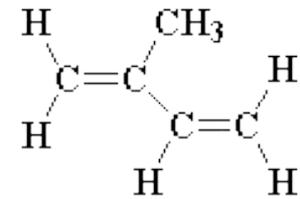
- Почти все синтетические каучуки получают методом **эмульсионной полимеризации** в водных средах.
- При нормальных температурах каучуки находятся в **высокоэластическом** состоянии; температура их стеклования от **—40** до **—70 °С**.
- В большинстве случаев, полимерные цепи в них имеют **двойные связи**, которые при вулканизации образуют пространственную сетку, а производимая таким образом **резина**, приобретает свои особенные физико-механические характеристики.

Вулканизация каучука

- Резина – это вулканизированный каучук с наполнителем.
- Суть процесса вулканизации заключается в том, что нагревание смеси каучука и серы приводит к образованию трехмерной сетчатой структуры из линейных макромолекул каучука, придавая ему повышенную прочность.
- Атомы серы присоединяются по двойным связям макромолекул и образуют между ними сшивающие дисульфидные мостики. Сетчатый полимер более прочен и проявляет повышенную упругость – высокоэластичность.
- В зависимости от количества сшивающего агента (серы) можно получать сетки с различной частотой сшивки.
- Предельно сшитый натуральный каучук – *эбонит* – не обладает эластичностью и представляет собой твердый материал.

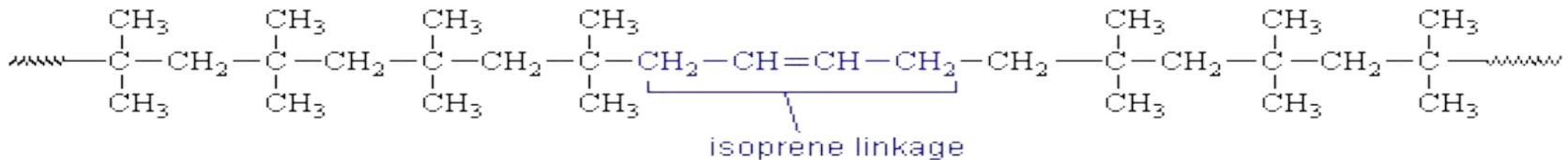


Вот молекула изопрена:



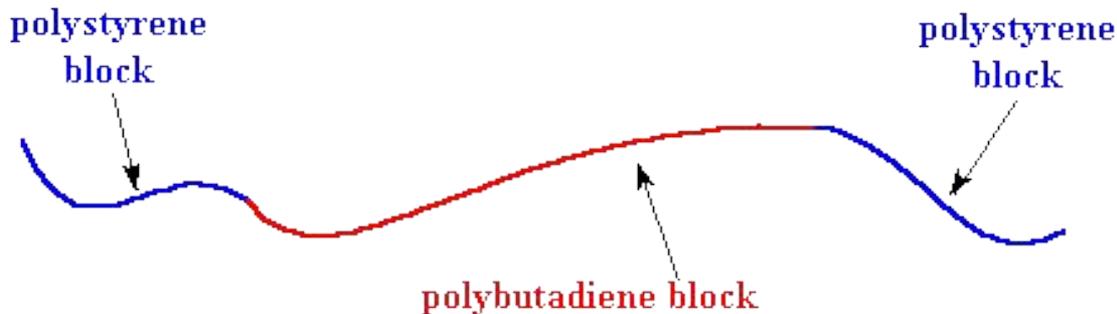
isoprene

А это сополимер изобутилена с изопреном:



Примерно один или два из каждой сотни повторяющихся звеньев является изопреновым звеном, которое показано синим. Такие звенья содержат двойные связи, а это значит, что этот сополимер можно сшить при помощи процесса **вулканизации**, точно так же, как и натуральный каучук.

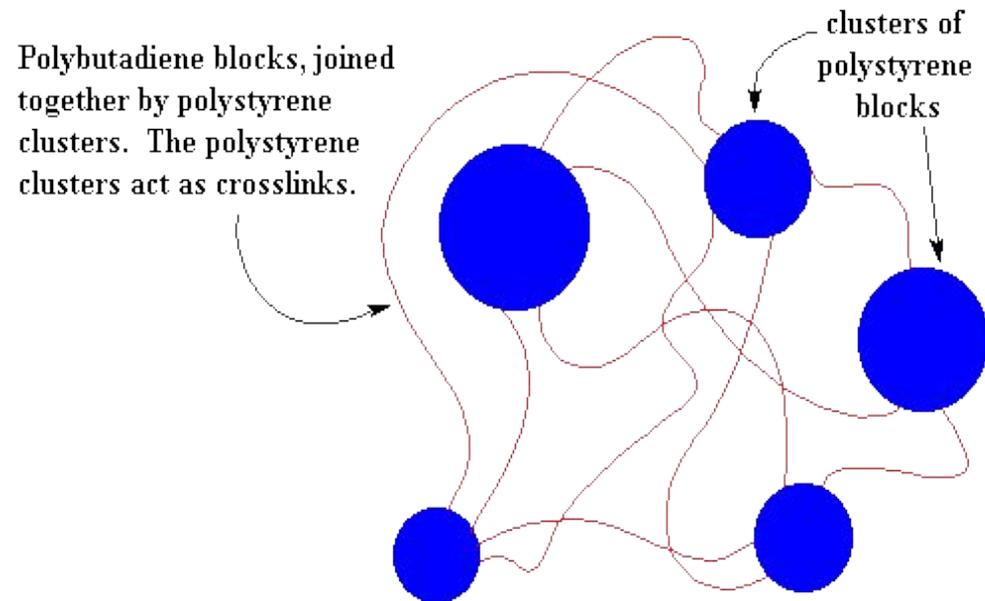
- Блок-сополимер **бутадиена и стирола или СБС** - это твердая резина, которая используется для изготовления таких вещей, как подошвы для обуви, протекторы автомобильных покрышек, а также и в других местах, где важна износостойкость.
- Этот сополимер относится к типу блочных сополимеров. Его основная цепь состоит из трех сегментов. Первый сегмент - это длинная цепочка **полистирола**, посередине идет длинная цепочка **полибутадиена**, а последний сегмент - другая длинная цепочка **полистирола**. Вот как это выглядит:



Полистирол является твердым и прочным пластиком, и это придает стирол-бутадиеновому каучуку свойственную ему износостойкость. Полибутадиен - это резиноподобный материал, и он придает СБС упругие свойства.

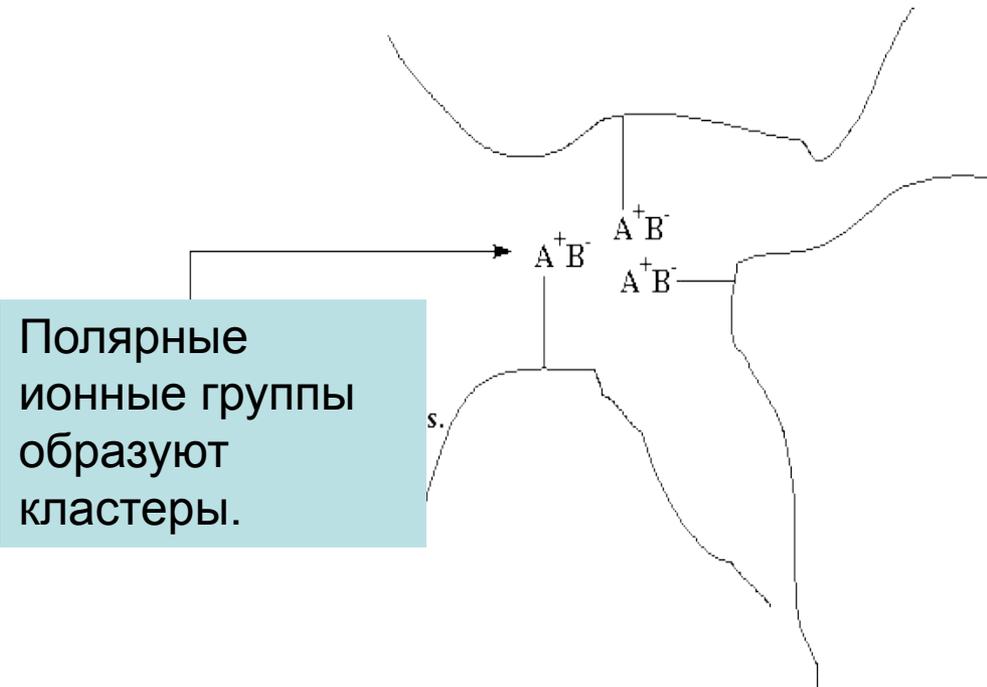
Термопластичные эластомеры

- Блоки полистирола и полибутадиеновые блоки склонны группироваться вместе. Кластеры, образованные блоками полистирола, связывают вместе полибутадиеновые блоки. Это значит, что различные кластеры полистирола будут связаны между собой полибутадиеновыми блоками. Кластеры полистирола разваливаются при нагревании бутадиенстирольного каучука, поэтому его можно обрабатывать и использовать повторно точно так же, как и несшитый полимер.



Иономеры

- - это сополимеры, в которых небольшая часть повторяющихся звеньев содержит ионные боковые группы.
- Обычно основная цепь молекулы полимера бывает неполярной. неполярные основные цепи молекул группируются вместе, а полярные ионные группы - тоже соберутся в кластеры.
- Происходит образование связей между основными цепями молекул посредством **кластеров ионных групп**, точно так же, как и при обычном сшивании.



При нагревании иономер теряет свои связи и его можно обрабатывать и вторично использовать.

- По степени вулканизации резины разделяются на
- мягкие (1—8 % серы)
- полужесткие (12-20 % серы)
- твёрдые (30-50 % серы) (**эбонит**).

Состав резины

Резины композиционные материалы: до 50% каучука, а также другие компоненты:

1. наполнители:

- **активные** (усиливающие). Для увеличения прочности и износостойкости в состав резины входят мелкодисперсные поверхностно активные вещества (*сажа, оксиды металлов*).
- **неактивные** (инертные). Применяют для снижения себестоимости: *мел, тальк, каолин, глина, отходы резинового производства*.

2. красители

3. **антиоксиданты** – вещества препятствующие окислению резины.

4. пластификаторы

5. противостарители

6. **порообразователи**, при добавлении которых образуется пористая или губчатая резина.

Основные показатели механических свойств резины

- **прочность на разрыв**; определяется как наименьшее напряжение растяжения (сила, деленная на единицу площади поперечного разреза), требуемое, чтобы разрушить предмет.
- **удлинение при разрыве**; Показывает на сколько процентов удлиняется материал, прежде чем разорвется
- **сопротивление раздиру**; Раздир, как и разрыв, является одним из видов испытаний резин на прочность. Разница между ними сводится к тому, что при раздире участок максимальной концентрации напряжения заранее задается нанесением специальных надрезов или выбором формы образца.
- **твердость**; характеризуется способностью металла противостоять проникновению в него другого, более твердого тела.
- **показатели износостойкости**; Это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определённых условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания.
- **коэффициент трения**. Устанавливает пропорциональность между силой трения и силой нормального давления, прижимающей тело к опоре. Коэффициент трения является совокупной характеристикой пары материалов которые соприкасаются и не зависит от площади соприкосновения тел.
- **коэффициент морозостойкости** по ГОСТ 10672 - 63 - определяют при статическом и динамическом сжатии как отношение деформации при заданных нагрузке и пониженной температуре - к деформации при той же нагрузке и температуре 20° С.

Свойства резин

Показатель	Ненаполненные вулканизаты	Вулканизаты, содержащие техн. углерод	
		30 мас. ч.	50 мас. ч.
$\delta_{\text{раст}}$, МПа	28-36	34-39	30-35
Относит. удлинение, % . . .	700-900	700-850	600-750
Остаточное удлинение, %	8-16	25-35	30-45
Напряжение при удлинении 500%, МПа	2,5-5,5	12-16,5	16-23
Сопротивление раздиру, кН/м	35-55	100-165	130-170
Твердость по ТМ-2	35-40	50-60	65-75
Эластичность по отскоку, %	65-75	50-60	34-52
Козф. морозостойкости при -45 °С	0,40-0,90	0,40-0,55	0,25-0,40

- При повышенных температурах механические свойства резины ухудшаются (снижаются прочность и твердость).
- По износостойкости при температуре до 100° С и умеренном давлении резины превосходят сталь, но с повышением температуры более 150° С скорость изнашиваемости возрастает.
- Специфический вид изнашивания резин - **скатывание – при трении** *микронеровности поверхности деформируются, сворачиваются в «скатку» и при дальнейшем трении отрываются.*
- Для увеличения устойчивости к износу снижают коэффициент трения – обрабатывают поверхность фторсодержащими смолами, фторируют или бромируют, подвергают радиационному излучению. В результате получается сверхскользящие резины, которые широко используются в машиностроении.

Свойства резин

Положительные:

1. высокая упругость, эластичность;
2. малая сжимаемость;
3. высокая амортизационная способность (способность поглощать удары);
4. высокое сопротивление к истиранию и многократным изгибам;
5. легкость (небольшая плотность);
6. высокая химическая устойчивость к действию различных сред, а также к жидкому топливу, маслам;
7. газо- и водонепроницаемость;
8. высокие диэлектрические свойства;
9. высокая стойкость к радиоактивному излучению.

Отрицательные:

1. высокая склонность к старению;
2. сложная утилизация отходов производства и отслуживших изделий.

Классификация резины по назначению

По назначению резины делятся на:

- - общего назначения (универсальные);
- - специальные.
- К резинам общего назначения относят резины на основе неполярных каучуков - НК, СКБ, СКС, СКИ.
- Такие резины могут работать в водных и воздушных средах, слабых растворах кислот и щелочей
- при температуре **-45⁰С - +135⁰С**.
- Из этих резин изготавливают шины, ремни, рукава, транспортные ленты, изоляцию кабелей, различные резинотехнические изделия.

Некоторые свойства каучуков и резин на их основе

Наименование	Каучуки			Резины				Характерные свойства
	Плотность, кг/м ³	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Плотность, кг/м ³	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Теплостойкость, °С	
Натуральный НК	910–930	20–30	700–800	917–937	25–34	550–650	80–110	Набухает в масле, бензине; окисляется
СКС	920	3–5	500–600	620–980	20–25	550–650	80–100	Высокая стойкость при истирании; окисляется
СКН	960	3–4,5	500–700	910–980	27–30	550–650	100–110	Не набухают в жидком топливе, масле
Наирит	1270	25–30	800–1100	1150–1250	20–35	600–700	110–120	Химически и атмосферостоек
Бутил-каучук	910	15–20	700–850	920	15–22	500–600	120	Атмосферостоек и газонепроницаем
Полисилоксановый каучук	1600–2200	–	–	1600–2200	4–50	220–300	250–300	Морозо-, кислородостоек, газонепроницаем
Фторкаучуки	1800–1900	–	–	1800–1900	20–25	250–550	200–250	Химически инертны, морозо-, кислородо-, масло- и бензостойки

Натуральный каучук НК

- **НК — натуральный каучук является полимером изопрена.**
- Он растворяется в жирных и ароматических растворителях (бензине, бензоле, хлороформе, сероуглероде и др.), образуя вязкие растворы, применяемые в качестве клеев.
- При нагревании выше 80—100°C каучук становится клейким и при 200°C начинает разлагаться.
- При температуре — 70°C НК становится хрупким. Обычно НК аморфен. Однако при длительном хранении возможна его кристаллизация. Кристаллическая фаза возникает также при растяжении каучука, что значительно увеличивает его прочность.
- Для получения резины НК вулканизуют серой.
- Резины на основе НК отличаются высокой эластичностью, прочностью, водо- и газонепроницаемостью, высокими электроизоляционными свойствами.

СКИ — синтетический каучук изопреновый

- — продукт полимеризации изопрена. Получение СКИ стало возможным в связи с применением новых видов катализаторов (например, лития).
- По строению, химическим и физико-механическим свойствам СКИ близок к натуральному каучуку.
- В каучук СКИ-ЗД предназначен для электроизоляционных резин, СКИ-ЗВ - для вакуумной техники. Стереорегулярные кристаллизующиеся каучуки позволяют получать вулканизаты повышенной прочности.

- **Бутадиеновые каучуки — СКБ, СКБМ.**
(маслонаполненный), а также
дивинильный — **СКД**
(**стереорегулярный**) каучуки являются
полимерами бутадиена (дивинила):
- $\text{—CH}_2\text{—CH=CH—CH}_2\text{—}$

СКБ — синтетический каучук бутадиеновый
получают по методу С. В. Лебедева.

- Он является некристаллизующимся каучуком и имеет низкий предел прочности при растяжении, поэтому в резину на его основе необходимо вводить усиливающие наполнители (сажу, окись цинка и др.).
- Морозостойкость СКБ невысокая (— 40 - 45°C).
- Он набухает в тех же растворителях, что и НК.
- Выпускают дивинильные стереорегулярные каучуки СКД, который по основным техническим свойствам приближается к НК.
- Дивинильные каучуки вулканизуются серой аналогично натуральному каучуку.

СКС - бутадиенстирольный каучук

- получается при совместной полимеризации бутадиена (C_4H_6) и стирола ($CH_2 = CH - C_6H_5$).
В зависимости от процентного содержания стирола каучук выпускают нескольких марок: **СКС-10, СКС-30, СКС-50**, где 30-доля стирольных звеньев в макромолекуле.
- Свойства зависят от числа стирольных звеньев. Так, например, чем больше стирола, тем выше прочность, но ниже морозостойкость.
- **СКС-30** устойчив к истиранию, многократным деформациям. Из него получают резины с хорошим сопротивлением старению и хорошо работающие при многократных деформациях. По газонепроницаемости и диэлектрическим свойствам они равноценны резинам на основе **НК**.
- Каучук **СКС-10** можно применять при низких температурах ($-74 - 77^\circ C$). При подборе соответствующих наполнителей можно получить резины с высокой механической прочностью.

- **Специальные резины** подразделяются на несколько видов:
 - маслобензостойкие,
 - теплостойкие,
 - светоозоностойкие,
 - износостойкие,
 - электротехнические,
 - стойкие к гидравлическим жидкостям.
-
- **Маслобензостойкие резины** получают на основе хлоропренового каучука (наирит), СКН (бутадиен-нитрильного каучука) и тиокола (полисульфидный каучук).

Наирит

- является отечественным хлоропреновым каучуком. Хлоропрену соответствует формула $\text{CH}_2 = \text{CCl} - \text{CH} = \text{CH}_2$.
- Вулканизация может производиться термообработкой, даже без серы.
- Резины на основе **наирита** обладают высокой эластичностью, вибростойкостью, озоностойкостью, устойчивы к действию топлива и масел, хорошо сопротивляются тепловому старению. (Окисление каучука замедляется экранирующим действием хлора на двойные связи).
- По теплостойкости и морозостойкости (— 35— 40°C) они уступают как НК, так и другим СК.
- Электроизоляционные свойства резины на основе полярного наирита ниже, чем у резины на неполярных каучуках.
- За рубежом полихлоропреновый каучук выпускается под названием неопрен, пербунан-С.

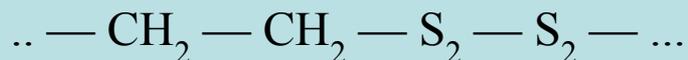


СКН — бутадиен-нитрильный каучук

- — продукт совместной полимеризации бутадиена с нитрилом акриловой кислоты:
- $\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHCN} -$
- В зависимости от состава каучук выпускают следующих марок: **СКН-18, СКН-26, СКН-40**. (Зарубежные марки хайкар, пербунан, буна-N и др.).
- Присутствие в молекулах каучука группы CN сообщает ему полярные свойства. Чем выше полярность каучука, тем выше его механические и химические свойства и тем ниже морозостойкость (например, СКН-18 от -50 до -60°C , СКН-40 от -26 до -28°C).
- Вулканизируют **СКН** при помощи серы.
- Резины на основе **СКН** обладают высокой прочностью, хорошо сопротивляются истиранию, но по эластичности уступают резинам на основе НК, превосходят их по стойкости к старению и действию разбавленных кислот и щелочей.
- Маслобензостойкие резины могут работать в среде бензина, топлива, масел в интервале температур от $-30 - 50$ до $100-130^\circ\text{C}$.
- Резины на основе **СКН** применяют для производства ремней, транспортерных лент, рукавов, маслобензостойких резиновых деталей (уплотнительные прокладки, манжеты и т. п.).

Полисульфидный каучук

- или тиокол, образуется при взаимодействии галоидопроизводных углеводородов с многосернистыми соединениями щелочных металлов:



Тиокол вулканизуется перекисями.

- Присутствие в основной цепи макромолекулы серы придает каучуку полярность, вследствие чего он становится устойчивым к топливу и маслам, к действию кислорода, озона, солнечного света.
- Сера также сообщает тиоколу высокую газонепроницаемость (выше, чем у НК), поэтому тиокол — хороший герметизирующий материал.
- Механические свойства резины на основе тиокола невысокие. Эластичность резин сохраняется при температуре — 40 — 60°C. Теплостойкость не превышает 60 — 70°C. Тиоколы новых марок работают при температуре до 130°.



- **Теплостойкие резины получают на основе каучука СКТ. СКТ- синтетический каучук теплостойкий**, представляет собой кремнийорганическое (**полисилоксановое**) соединение с химической формулой:



Каучук вулканизуется перекисями и требует введения усиливающих наполнителей (белая сажа).

- Присутствие в основной молекулярной цепи прочной силоксановой связи придает каучуку высокую теплостойкость. Так как СКТ слабо полярен, он обладает хорошими диэлектрическими свойствами.
- Диапазон рабочих температур СКТ составляет от —60 до + 250°C.
- Низкая адгезия, присущая кремнийорганическим соединениям (вследствие их слабой полярности), делает СКТ водостойким и гидрофобным (например, применяется для защиты от обледенения).
- В растворителях и маслах он набухает, имеет низкую механическую прочность, высокую газопроницаемость, плохо сопротивляется истиранию.

- При замене метильных групп (CH_3) на другие радикалы получают другие виды силоксановых каучуков.
- Каучук с винильной группой (**СКТВ**) устойчив к тепловому старению и обладает меньшей текучестью при сжатии, температура эксплуатации от -55 до $+300^\circ\text{C}$.
- Вводя фенильную группу (C_6H_5), получают каучук (**СКТФВ**), обладающий повышенной морозостойкостью ($-80 - 100^\circ\text{C}$) и сопротивляемостью действию радиации.
- Можно сочетать различные радикалы, обрамляющие силоксановую связь.
- Фенилвинилсилоксановый каучук имеет повышенные механические свойства.
- Если ввести в боковые группы макромолекулы **СКТ** атомы F или $-\text{CN}$, приобретает устойчивость к топливу и маслам.
- Введение в основную цепь атомов бора и фосфора дает возможность повысить теплостойкость резин до $350 - 400^\circ\text{C}$ и увеличить их клеящую способность.

- **Морозостойкими являются резины на основе каучуков, имеющих низкие температуры стеклования.**
- Например, резины на основе **СКС-10** и **СКД** могут работать при температуре до $+60^{\circ}\text{C}$; НК, СКБ, СКС-30, СКН до -50°C , СКТ ниже -75°C .
- **Светоозоностойкие резины вырабатывают на основе насыщенных каучуков** — фторсодержащих (**СКФ**), этиленпропиленовых (**СКЭП**), бутилкаучука.
- Фторсодержащие каучуки получают сополимеризацией ненасыщенных фторированных углеводородов (например, $\text{CF}_2 = \text{CFCl}$, $\text{CH}_2 = \text{CF}_2$ и др.).
- Отечественные фторкаучуки выпускают под марками **СКФ-32**, **СКФ-26**; зарубежные — Кельэф и Вайтон.
- Они устойчивы к тепловому старению, маслам, топливу, различным растворителям, даже при повышенных температурах, негорючи.
- Вулканизованные резины обладают высоким сопротивлением истиранию. Теплостойкость длительная (до 300°C).

- **СКЭП — сополимер этилена с пропиленом** — представляет собой белую каучукоподобную массу, которая обладает высокой прочностью и эластичностью, очень устойчива к тепловому старению, имеет хорошие диэлектрические свойства.
- Резины на основе фторкаучуков и этиленпропилена стойки к действию» сильных окислителей (HNO_3 , H_2O_2 и др.), применяются для уплотнительных изделий, диафрагм, гибких шлангов и т. д., не разрушаются при работе в атмосферных условиях в течение нескольких лет.

- **Износостойкие резины получают на основе полиуретановых каучуков - СКУ.**

Полиуретановые каучуки обладают высокой прочностью, эластичностью, сопротивлением истиранию, маслобензостойкостью. В структуре каучука нет ненасыщенных связей, поэтому он стоек к кислороду и озону, его газонепроницаемость в 10 — 20 раз выше, чем у НК. Рабочие температуры резин на его основе составляют от - 30 до + 130°С. Уретановые резины стойки к воздействию радиации. Зарубежные названия уретановых каучуков — адипрен, джентан S, эластотан.

- Резины на основе СКУ применяют для автомобильных шин, для транспортировки абразивных материалов, обуви.

- **Электротехнические резины** включают *электроизоляционные* и *электропроводящие* резины.
- *Электроизоляционные* резины, применяемые для изоляции токопроводящей жилы проводов и кабелей, для специальных перчаток и обуви, изготавливают только на основе неполярных каучуков **НК, СКБ; СКС, СКТ** и **бутилкаучука**.
- *Электропроводящие резины* для экранированных кабелей получают из **НК, СКН, наирита**, особенно из полярного каучука **СКН-26** с введением в состав углеродной сажи и графита (65 — 70%).

- Более половины мирового производства синтетического каучука расходуется на производство шин. *На изготовление комплекта покрышек для малолитражного автомобиля нужно около 20 кг каучука, причем, как правило, разных сортов и марок, а для 40-тонного самосвала - почти 1900 кг.* Меньшая половина СК идет на все остальные виды резиновых изделий для техники (их около 50 тыс.), быта, спорта.

Резинотехнические изделия

- рукава, трубчатые изделия, конвейерные ленты и приводные ремни, формованные изделия (кольца, прокладки, уплотнители), защитные детали, клеи и латексы, резиновые пластины, листы, коврики, покрытия для полов, электроизоляционные изделия, изделия медицинского и бытового назначения, прорезиненные ткани, резиновая обувь.

- С появлением технологии производства синтетических каучуков, резиновая промышленность перестала быть всецело зависимой от природного каучука, однако синтетический каучук не вытеснил природный, объем производства которого по-прежнему возрастает, а **доля натурального каучука в общем объеме производства каучука составляет 30%.**

- Ведущие мировые производители натурального каучука – страны Юго-Восточной Азии (Таиланд, Индонезия, Малайзия, Вьетнам, Китай). Благодаря уникальным свойствам натурального каучука, он незаменим при производстве крупногабаритных шин, способных выдерживать нагрузки до 75 тонн.
- Лучшие фирмы-производители изготавливают покрышки для шин легковых автомобилей из смеси натурального и синтетического каучука, поэтому до сих пор **главной областью применения натурального каучука остается шинная промышленность (70%)**. Кроме того, натуральный каучук применяется при изготовлении конвейерных лент высокой мощности, антикоррозийных покрытий котлов и труб, клея, тонкостенных высокопрочных мелких изделий, в медицине и т.д.

Во многих странах в начале 20 в. исследовались местные виды растений. В Советском Союзе систематический поиск растений-каучуконосов предпринимался в 1930-х, общий список таких растений составил 903 вида.

Наиболее эффективные каучуконосы, в частности Тянь-Шанский **одуванчик кок-сагыз**, выращивали на полях России, Украины, Казахстана, работали заводы по выделению каучука, который по качеству считался не уступающим каучуку из гевеи. В конце 1950-х с увеличением производства синтетического каучука возделывание одуванчика-каучуконоса было прекращено.