

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Технологія виробництва і переробки нафтопродуктів»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**

**(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)**

**за темою № 13 – Основні нафтохімічні виробництва**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.02.2024 № 2

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 17.01.2024 № 6

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
Харківського національного  
університету внутрішніх  
справ з технічних дисциплін  
Протокол від 22.02.2024 № 2

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 12.12.2023 № 8

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач - методист Давітая О. В.*

**Рецензенти:**

- 1. Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Павленко О. В.;*
- 2. Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, к.х.н., доцент Козловська Т. Ф.*

## План лекції

1. Історія виникнення поліетилену, його отримання та використання.
2. Історія виникнення полістиролу, його отримання та використання.
3. Історія виникнення синтетичних каучуків, їх отримання та використання.
4. Пластмаси. Жирозамінники та миючі речовини.

## Рекомендована література:

### Основна

1. Братичак М. М., Гринишин О. Б. Технологія нафти та газу. навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2013. 180 с.  
URL :<https://vlp.com.ua/node/10089> (дата звернення: 10.07.2023).
2. Суярко В. Г. Прогнозування, пошук та розвідка родовищ вуглеводнів: підручник. Харків: Фоліо, 2015. 296 с. URL :<https://ekhnuir.karazin.ua/items/a82b8326-70c8-49bc-b0a0-a4599ad553c1> (дата звернення: 25.07.2023).
3. Властивості нафти та нафтопродуктів. Ч.1 : навч. посіб. / О.В. Давітая та ін. Кременчук, 2019. 74 с. URL:[http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 25.07.2023).
4. Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. Основи нафтогазової інженерії : підручник. Полтава, 2018. 415 с.  
URL:<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/8d67d6fa-2d73-4326-9156-6f0237f6c470/content> (дата звернення: 01.08.2023).

### Додаткова

1. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.1. 353 с.  
URL : [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn1.pdf) (дата звернення: 25.07.2023).
2. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: ЦентральноУкраїнське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. URL : [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn1.pdf) (дата звернення: 13.07.2023).
3. Зеркалов Д. В. Довідник споживача нафтопродуктів : посібник. Київ : Науковий світ , 2000. 196 с.

## Текст лекції

### **1. Історія виникнення поліетилену, його отримання та використання.**

Поліетилен - найпоширеніший і широко застосовується полімер. Більшості поліетилен відомий по його ролі в побуті: поліетиленові пакети і поліетиленова

плівка - це те, з чим кожен з нас має справу кожен день. Поліетилен - легкий і пластичний, не пропускає ні води, ні повітря, забезпечуючи захист того, що в ньому міститься. Саме це робить його дуже корисним для зберігання, наприклад, продуктів. З точки зору хімії поліетилен - полімер складу -  $(\text{CH}_2)_n$ -, відноситься до термопластів, тобто при нагріванні переходить в пластичний стан і може бути оброблений методами формування, лиття або екструзії - продавлюванні розплаву через отвори різної конфігурації для отримання ниток, тонких шарів і т. д. На побутовому досвіді багато хто знає, що поліетилен при нагріванні розм'якшується. А ось зовнішній вигляд того поліетилену, який виробляється на нафтохімічних заводах далекий від виду виробів з нього. Фабричний поліетилен являє собою гранули білого кольору. Саме у вигляді білого осаду він і був вперше отриманий.

#### *Історія поліетилену*

Винахідником поліетилену вважається німецький інженер Ганс фон Пехман, який в 1899 році відкрив його випадково в ході нагрівання розчину діазометана - жовтого легкого газу.

Історія не зберегла відомостей про те, що ж насправді хотів отримати Пехман. Але в ході реакції на дні посудини утворився воскоподібний білий осад. Речовина було вивчена, і встановлена його структура у вигляді ланцюжка повторюваних фрагментів  $-\text{CH}_2-$ , що носять в хімії назву «метилен». За цю структурну особливість хіміки назвали нову речовину «поліметіленом», припускаючи, що саме фрагмент  $-\text{CH}_2-$  є структурною ланкою цієї речовини. Тепер ми знаємо, що ланкою поліетиленовою ланцюжка є етилен  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ , що й обумовлює сучасну назву цього матеріалу.

Втім, помилка характерна - механізм полімеризації тоді не був відомий. Зате ці вчені не помилилися у багатьох інших своїх починаннях: наприклад, Ойген Бамбергер увійшов в історію науки як першовідкривач органічної реакції, до сих пір носить його ім'я.

В кінці XIX століття вчені мали досить туманне уявлення про структуру та властивості високомолекулярних сполук. Саме тому відразу після свого народження поліетилен і не знайшов гідного практичного застосування. Лише через третину століття, в 1933 році випадковість знову повернула поліетилен із запиленого забуття в сферу наукового інтересу.

Британські дослідники Ерік Фоссет і Реджинальд Гібсон з компанії Imperial Chemical Industries (ICI) в одній з лабораторій займалися експериментами з газами. Створивши високий тиск в апараті з сумішшю етилену і бензальдегіду, Фоссет і Гібсон через деякий час виявили, що реакційний апарат виглядає так, ніби «його занурили в парафінове мастило». Запис, який в лабораторному журналі зробив Гібсон, вдруге викликала до життя «поліметілен» Пехмана: «У колбі виявлений воскоподібна осад».

Повторити експеримент вдалося не відразу. Роль випадку на цей раз полягала в тому, що обов'язковим компонентом реакції повинен бути кисень, який Фоссет і Гібсон ввели в свої апарати неусвідомлено. Як говорилося вище, кисень тут виступає ініціатором полімеризації. Розуміння ролі кисню в освіті

полімеру етилену до 1939 року дозволило дослідникові Майклу Перрін з тієї ж компанії ICI розробити перший промисловий спосіб отримання поліетилену.

Вибухнувши незабаром Друга Світова війна підштовхнула нову індустрію до розвитку. Спочатку з поліетилену робили ізоляцію для електричних кабелів, що прокладаються по морському дну. Властивості нового матеріалу - легкість, корозійна стійкість і простота в обробці - робили його найкращим для цих цілей з усіх наявних на той час варіантів. Незабаром поліетилен почав використовуватися і для ізоляції проводки на радарних установках. Слідом за цим військові освоїли виробництво з поліетилену корпусних елементів для радіотехніки, що дозволило істотно знизити вагу і габарити приладів і почати їх використання на літаках. З цього моменту британські літаки отримали компактні і легкі бортові радари, а пілоти знайшли можливість «бачити» в темряві і при поганій погоді, що на деякий час дало їм суттєвий козир перед німецькою авіацією під час затяжної повітряної «Битви за Англію». Одночасно йшли пошуки нових каталізаторів реакції полімеризації етилену з тим, щоб знизити робочий тиск і температуру реакції і здешевити виробництво. У 1952 році німецькому вченому Карлу Циглеру вдалося застосувати для синтезу поліетилену так звані металокомплексні каталізатори, що дозволило проводити реакцію майже при атмосферному тиску та невисокій температурі. Після війни військові розробки стали надбанням громадянської сфери, в тому числі і поліетилен, який почав широко використовуватися в самих різних галузях промисловості та побуту. У 1957 році в США був проведений перший поліетиленовий пакет.

І якщо в 1973 році виробництво таких пакетів склало 11,5 млн штук, то сьогодні в світі щорічно проводиться декілька трильйонів поліетиленових пакетів.

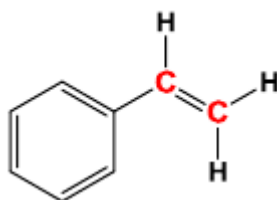
Зараз технологічна схема виробництва поліетилену виглядає наступним чином: нафтохімічна сировина, вироблена на нафтопереробних заводах і ГПЗ, подається на установки піролізу, де проводиться етилен, далі він втягується в полімеризацію. Специфіка цього процесу визначає, який вид поліетилену вийде на виході. Виробляється два види: поліетилен низькою густини (ПЕНП, LDPE) і поліетилен високої густини (ПЕВП, HDPE). ПЕНП ще також називають поліетиленом високого тиску (ПЕВТ) - саме такий свого часу отримав Майкл Перрін з ICI. Процес характеризується високою температурою (200 - 260 °C) і тиском (1,3-3 тис. атм) і протікає в розплаві. ПЕВП, або поліетилен низького тиску (ПЕНД), отримують полімеризацією в суспензії в присутності каталізаторів при температурі 70-120 °C і тиску 1-20 атм. Різниця між двома видами полягає в характеристиках виходить продукту. ПЕВП має більш високу щільність, ступінь кристалічності і середню молекулярну вагу («Довжину») полімерних ланцюжків. Відповідно, розрізняються і сфери застосування.

Майже чверть всіх обсягів поліетилену йде на виготовлення тари і упаковки (різноманітні ємності для побутової хімії, каністри, бочки, мішки і пакети і т. п.). Ще 25% - на виготовлення плівок, близько 16% - на випуск труб і

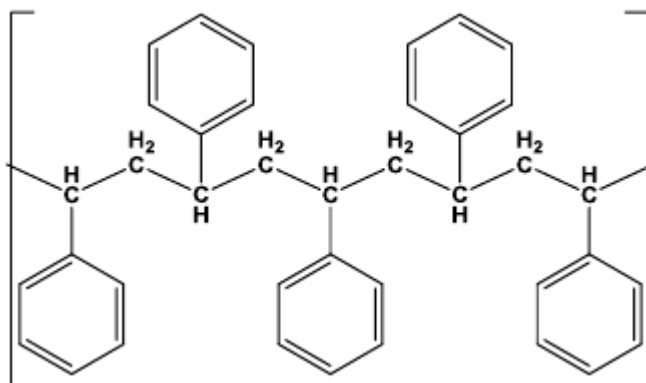
деталей для трубопроводів. Четверте місце в цьому рейтингу займає виробництво товарів з групи «для культурно побутового призначення»: іграшок, виробів для домашнього господарства, побуту і т. п. Історично перший напрямок використання поліетилену - кабельна ізоляція - одкотилося на 5 місце: на ці цілі витрачається 9-10%. Близько 8% поліетилену йде на виготовлення ізоляції для металевих труб, наприклад, водопровідних. На вироби та деталі виробничого призначення йде лише 5% полімеру.

## 2. Історія виникнення полістиролу, його отримання та використання.

Полістирол - термопластичний полімер стиролу, позначається, ПС або PS. На відміну від своїх побратимів поліетилену і поліпропілену, мономер полістиролу не такий простий по структурі і в виготовленні, як етилен і пропілен:



Структура полістирола нагадує віддалено нагадує ланцюг:



Об'ємні фрагменти, «стирчать» з полімерної ланцюжка, перешкоджають «пакуванню» полімеру і кристалізації, тому полістирол жорсткий, але крихкий, і аморфний, тобто не кристалізується та має невисоку термічну стійкість. Разом з тим полістирол добре пропускає світло, морозостійкий, добре ізолює електричний струм, є дешевим і легкообробляємим матеріалом, що робить його дуже популярним.

З полістиролу виготовляють, наприклад, коробки для DVD-дисків і баночки для йогуртів.

Крім того, полістирол знайшов широке застосування в вигляді сополімерів з іншими речовинами. Наприклад, широке поширення набули так звані АБС-пластики, які застосовуються для виготовлення корпусів побутової техніки та в автомобільній промисловості.

Ну і, напевно, найвідомішою різновидом полістиролу є спінений полістирол (ПСВ, EPS), який також називають пінополістиролом або

пінопластом. Ця речовина знайшло найширше застосування в будівництві в якості теплоізоляційного матеріалу.

### *Історія полістиролу*

Історія полістиролу почалася в 1839 році в Берліні, коли Едуард Саймон експериментував з екстрактами рослин. З смоли рослини *Liquidambar orientalis* він виділив маслянисту рідину, яку він назвав стиролом. Через кілька днів Саймон виявив, що розчин згустився і перетворився в желеподібну масу. Саймон припустив, що це було викликано окисненням киснем повітря, і назвав речовину «Оксидом стиролу».

У 1845 році англійський хімік Джон Блайт і німець Август-Вільгельм фон Хоффман встановили, що аналогічне перетворення стирол зазнає і у відсутності кисню. Свою речовину вони прозвали «метастиролом», а проведений аналіз показав, що воно ідентично «оксиду стиролу» Саймона. У 1866 році відомий французький хімік Марселен Бертло довів, що «метастирол» утворюється з стиролу по реакції полімеризації. Тільки через 80 років було показано, що нагрівання стиролу викликає початок ланцюгової реакції полімеризації.

Промислове виробництво полістиролу почалося в Німеччині в 1931 році фірмою I. G. Farben, що стала згодом частиною відомого транснаціонального концерну BASF. Там же вперше стали виводити полістирол з реактора через екструдери і різати на гранули. У 1949 році в Німеччині ж запропонували спосіб виробництва спіненого полістиролу - в масу полімеру вводилися легкі вуглеводні типу пентана, які при нагріванні випаровувалися.

При цьому утворювалися легкі гранули полістиролу з порами всередині, які використовувалися як сировина для переробки методами лиття або екструзії. В тому ж році BASF запатентував цей матеріал під назвою «Стиропор». А в 1959 році в США винайшли полістирольну піну.

Виробництво полістиролу та всіх його різновидів починається з синтезу мономеру - стиролу. Сировиною для цього служить бензол, який отримують або на НПЗ в ході процесу риформінгу, або при піролізі. Після цього бензол піддають так званому алкілуванню - вводять в каталітичну реакцію з етиленом, який утворюється там же на комплексах піролізу. При цьому утворюється рідина, звана етилбензол. Далі етилбензол проходить процес дегідрування, тобто позбавляється двох атомів водню і отримує подвійну зв'язок. Так утворюється стирол - в'язка рідина. Далі стирол запускають в полімеризацію з отриманням полістиролу.

Для отримання спіненої марки полістиролу масу розплаву полімеру змішують зі вспінюючими агентами - речовинами, які в ході переробки можуть виділятися з полімеру при невисокій температурі, утворюючи спінений полістирол. До 98% обсягу пінополістиролу складається з пір.

АБС-пластики отримують в основному сополімеризацією стиролу і акрілонітрила з полібутадієновими каучуком. Процес йде при температурі нижче 100 °C і тиску близькому до атмосферного. При цьому крім «зшивання» молекул стиролу і акрілонітрилом між собою відбувається їх «щеплення» на

каучук. Іншими словами, ланцюжки акрілонітріл-стирольного сополімера як би стирчать з ланцюжка полібутадієновими каучуку. За рахунок цього досягається хороше поєднання пластичних і еластичних властивостей матеріалу. Рецептури можуть варіюватися в широких межах, за рахунок цього марочний асортимент АБС-пластиків дуже великий: склад і властивості матеріалу можна підібрати під будь-які завдання.

#### *Застосування полістиролу*

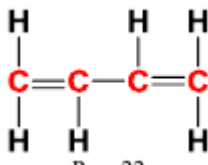
З полістиролу виготовляють не тільки коробки для дисків та харчову упаковку. Велика частина корпусів техніки (телевізори, комп'ютери, мобільні телефони і т. д.) робиться з спеціальних марок полістиролу. До речі, всім відомі пластикові стаканчики, тарілки та прилади роблять з полістиролу. І навіть одноразові бритвені верстати.

Але самою, напевно, важливою формою полістиролу є пінопласт. Мабуть, в арсеналі сучасної будівельної індустрії поки немає більш універсального, ефективного та недорогого утеплювача. Тож не дивно, що 8 з 10 приватних будинків в Європі утеплені пінополістирольними плитами.

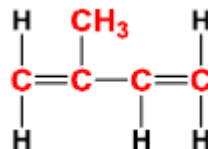
### **3. Історія виникнення синтетичних каучуків, їх отримання та використання.**

Синтетичні каучуки - велика група нафтохімічної продукції, що включає десятки різних речовин. Це теж полімери, однак від все описаних вище вони відрізняються тим, що не є термопластами, а відносяться до класу еластомерів, тобто мають високоеластичними властивостями. Іншими словами, при накладенні зусилля еластомери можуть розтягуватися в кілька разів, а потім повертатися в початковий стан, коли навантаження знімають. З природних речовин такими властивостями володіє натуральний каучук, отриманий із соку тропічного рослини гевея, і гуми на його основі. Однак розвиток людської цивілізації зажадало знайти йому більш доступну і дешеву заміну. На допомогу знову прийшла нафтохімія, створивши синтетичні речовини, які навіть перевершують натуральний каучук за своїми властивостями. І сьогодні на ринку каучуку приблизно 60% займають синтетичні, ще 40% - натуральний.

Основа всіх каучуків - так звані зв'язані дієни. Це мономер, що містить не один, а два подвійні зв'язку. Найважливішим в цьому ряду речовиною є 1,3-бутадієн, також званий дівінілом:

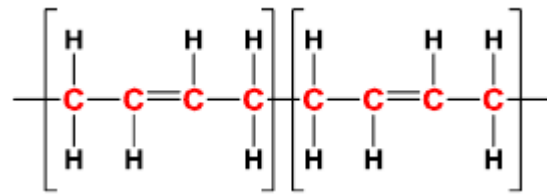


Також важливий в каучуковій галузі ізопрен - «родич» 1,3-бутадієну з додатковим атомом вуглецю:





При полімеризації 1 і 4 атоми вуглецю зчіплюються з іншими молекулами, а між 2 і 3 утворюється подвійний зв'язок:



Саме наявність повторюваних подвійних зв'язків і забезпечує еластичність таких полімерів. До речі, важливо розрізняти каучуки і гуми. Адже гума - продукт вулканізації каучуку, термічного процесу, при якому окремі полімерні ланцюжки каучуку як би «зшиваються» між собою в поперечному напрямку. Вулканізуючим агентом може виступати, наприклад, звичайна сірка.

#### *Історія синтетичних каучуків*

Історія синтетичного каучуку нерозривно пов'язана з розвитком людських потреб в еластичних матеріалах. Все почалося в 1840-і, коли Джон Гудійер запатентував процес вулканізації каучуку - отримання гуми. У 1846 році шотландський вчений Роберт Томпсон винайшов і запатентував пневматичну шину. Його «Повітряні колеса» були вперше продемонстровані в Лондоні в 1847-м, будучи прикріпленими до екіпажів.

Випробування показали, що шини Томпсона суттєво збільшували комфортність їзди і при цьому не псувалися після подорожі більш ніж в тисячу миль. Однак Томпсон не став розвивати свій винахід на тій підставі, що для пневматичних шин не було досить тонкої гуми.

У 1888 році шотландець Джон Данлоп зробив пневматичну шину для велосипедів, екіпажів і, згодом, автомобілів, комерційно ефективним і серійно виробляємим продуктом. Натуральний каучук, відомий ще з часів імперії інків, раптом став дуже затребуваний в Європі. Тропічні ліси Бразилії вражала справжня «каучукова лихоманка» - безліч людей з усіх боків стали прибувати в непролазні сільву, щоб спробувати щастя.

Все закінчилося дуже швидко. Незважаючи на заборону уряду Бразилії на вивезення насіння гевеї, ще в 1886 році англієць Генрі Уікгем, видаючи себе за любителя орхідей і дослідника флори дощового лісу Амазонії, проник на заповідні плантації, набрав в заплічних мішок близько 70 тисяч насіння гевеї - і зумів вивезти їх з Бразилії. На початку двадцятого століття світове виробництво каучуку перебазувалося в Південно-Східну Азію: насіння були посаджені на Цейлоні і в Малайзії, ціну азіати збили в рази. Однак разом з розвитком автомобілебудування попит на каучук ріс, підганяючи ціни. У 1891 році брати Мішлен запатентували знімну шину. У 1894 році Е. Дж. Пеннінгтон представлена балонна шина. Уже в 1903 році компанією «Гудійер» було запатентовано безкамерну шину. Для розвитку автомобільної галузі потрібна була адекватна заміна природного продукту. Тим більше, що в шинній промисловості відкриття слідували один за іншим.

Як і в багатьох інших випадках, до відкриття синтетичного каучуку вчені підбиралися повільно. Щось на зразок каучуку отримав при обробці ізопрену соляною кислотою наприкінці дев'ятнадцятого століття французький хімік Густав Бушарда. Більш переконливого, але теж не ідеально результату домогся російський підданий Іван Кондаков, який синтезував еластичний полімер в 1901 році, а перші пробні партії синтетичного каучуку були випущені на основі його розробок в Німеччині. У Німеччині ж був зареєстрований патент на процес виробництва синтетичного каучуку - у вересні 1909 року ця зробив німецький хімік Фріц Гофман.

Не менші, втім, підстави претендувати на лідерство у винаході є і у Росії. В тому ж 1909 році, в грудні, видатний хімік Сергій Лебедев зробив на засіданні хімічного товариства доповідь про термopolімеризацію вуглеводнів типу дивинила і продемонстрував перші зразки синтетичного каучуку, отриманого цим способом.

Важлива тут не тільки хронологія, але також і те, що саме на підставі цього винаходу було вперше створено промислове виробництво.

Послідувала незабаром Перша світова війна і російська революція в якійсь мірі стали двигуном молодій індустрії. Радянська держава на початку 20-х років виявилася в економічній блокаді, а країні потрібен був каучук. У 1926 році уряд СРСР оголосило міжнародний конкурс на розробку промислового виробництва синтетичного каучуку. Брили участь вчені з Італії і Франції, але свої напрацювання виявилися на голову вище. В результаті боротьба фактично розгорнулася між Лебедевим і Борисом Бизовим. Останній запропонував отримувати дивинил з нафтової сировини, але на той момент рівень технологій не дозволяв його реалізувати. У підсумку перемога дісталася Лебедеву - радянську промисловість синтетичних каучуків вирішено було створювати на базі бутадієну, виробленого з етилового спирту. У 1931 році за розробку цього способу Лебедев був нагороджений орденом Леніна і незабаром обраний в Академію наук СРСР. Про це багато писали за кордоном, і Томас Едісон, знаменитий американський винахідник, заявив публічно, що він «особисто намагався отримати синтетичний каучук і переконався, що це неможливо, тому повідомлення з Країни Рад - «чергова брехня».

Проте перший в світі завод з виробництва синтетичних каучуків з'явився в 1932 році в Ярославлі. У тому ж році до нього додалося ще два - в Єфремова і Воронежі. А перед самою війною введений в експлуатацію завод в Казані. Всі чотири заводи побудовані по одному проекту, потужність кожного - 10 тис. тонн в рік. Заводи потрібно було будувати неподалік від місць виробництва спирту, а його в ті часі робили в основному з картопляної гички і відходів. А ось як каталізатор застосовували металевий натрій. Навряд чи це було найвдаліше рішення, але вже точно - найдорожче. А каучук так і назвався - «натрій бутадієновий».

Наступною у виробництві синтетичних каучуків була Німеччина - теж з причин політичних. Розв'язавши Другу світову війну, Німеччина виявилася відрізана від ринків натурального каучуку і почала виробництво синтетичних,

маючи для цього хорошу теоретичну базу. Німеччина пішла іншим шляхом полімеризації. В основу її перших каучуків ліг процес кополімеризації стиролу з бутадієном в водній емульсії - спосіб, безумовно, більш досконалий, ніж за допомогою натрію. Промислове виробництво цих каучуків було розпочато в 1936 році в місті Шкопау. Перед кінцем Другої світової війни загальна потужність групи компаній з виробництва синтетичного каучуку становила 170 тис. Тонн в рік.

Третім виробником став США. Теж під час війни і теж внаслідок втрати ринків натуральних каучуків. На початку 1942 року Японія захопила Індокитай, Малайю і Голландську Вест-Індію, де вироблялося понад 90% натурального каучуку. Після нападу Японії на Перл-Харбор і вступу США у Другу світову війну продаж продукції до Нового Світу була зупинена. Уряд Сполучених Штатів ініціювало створення власної промисловості, і менш ніж за три роки був побудований 51 завод. Після війни ці заводи були приватизовані.

Перемоги 1945 року дала російській галузі синтетичних каучуків нові можливості для зростання. Згідно з умовами репарацій, Радянський Союз вивіз завод з Шкопау - його заново зібрали в Воронежі. Таким чином, промисловість адаптувала технологію сополімеризації бутадієну і стиролу і деякі інші технології. В результаті шинна промисловість отримала якісніший бутадієнстирольний каучук.

СРСР, таким чином, не тільки став першопрохідцем в промисловому виробництві каучуків, а й створив максимальну кількість його видів. Після війни було прийнято рішення про виробництво дивинила вже з синтетичного спирту замість натурального, для чого заклали п'ять потужних заводів в Орську, Гур'єві, Грозному, Уфі, Новокуйбишевську.

Будувалися нові заводи в тому числі для виробництва каучуку з нафтового та інших видів сировини. Нарешті, в СРСР було розроблено та впроваджено виробництво отримання синтетичного поліізопренового каучуку (СКИ), близького за властивостями до натурального каучуку.

Головною складністю у виробництві каучуків є необхідність виділення мономерів різних типів. І тут на перший план виходить процес газофракціонування - поділу вуглеводневих сумішей, що надходять з газопереробних заводів, на індивідуальні компоненти. Широка фракція легких вуглеводнів або інші суміші надходять на ГФУ, де з них виробляють зріджені гази для піролізу, бутан, пентан, ізопентан, ізобутан. Іншими джерелами бутану і ізобутану є нафтозаводські гази.

Після цього ці алкани піддають дегідруванню (видалення молекули водню) з отриманням подвійних зв'язків - олефінів або диєнов. Так, з ізобутану утворюється ізобутилен, з ізопентану - ізопрен, другий за важливістю диєн для каучукової промисловості. з бутану отримують бутадієн (дивинил). Джерелом цієї речовини також є піролізне виробництво, а з рідких продуктів піролізу додатково виділяють ізопрен. Крім того, ізопрен може бути отриманий з ізобутилена і формальдегіду в дві стадії.

В якості сополімерів дієнів часто застосовують стирол а також метілстірол - аналоги стиролу, які виробляються приблизно також, тільки на стадії алкілування бензолу використовують не етилен, а пропілен. Важливим сополімером також є акрилонітріл, азотовмісна речовина, що отримується з пропілену і аміаку.

На кінцевому етапі виробництва мономері вводять в полімеризацію або сополімеризацію.

Полімер 1,3-бутадієну називається полібутадієновими каучуком і повсюдно позначається СКД, що означає «синтетичний каучук дівінільний». сополімер бутадієну зі стиролом або метілстірола називається бутадієн-стирольним каучуком. Для цього полімеру існує два позначення БСК і ДССК, що пов'язано з декількома варіантами проведення процесу полімеризації. Сополімер бутадієну з акрилонитрилом називається бутадієн-нітрильну каучуком (БНКС або СКН). Полімер ізопрену так і називається -ізопреновий каучук (СКИ), він найбільш близький за властивостями і структурою до натуральному. А ось ізопрен-ізобутиленовий сополімер називається бутилкаучуком (БК).

Крім описаних, існують ще так звані СКЕПТ-качуки. Але каучуками в прямому сенсі слова вони навряд чи є - це співполімери етилену і пропілену з додаванням невеликої дієнної складової. Також виробляються галогеновані качуки, коли полімери обробляють хлором або бромом, які «сідають» на полімерну ланцюжок. Ну і, нарешті, існує цілий клас речовин, званий термоеластопластів (ТЕП) - це сополімерні композиції досить непростого складу. Унікальність ТЕП в тому, що вони є еластичними, як качуки, але в той же час, можуть оброблятися тими ж методами, що і термопласти.

#### *Застосування синтетичних каучуків*

Якщо взяти будь-який виріб, зроблений або з вмістить елементів з гуми, то майже напевно тут не обійшлося без синтетичних каучуків. Каучук застосовується в санітарній і вентиляційної техніці, гідравлічному, пневматичному і вакуумному устаткуванні. Також качуки використовують для електро-та теплоізоляції, в медичній техніці. У ракетної техніці вони грають роль пального. Спектр застосування цієї речовини охоплює навіть харчовий сектор - каучук використовується в жуйку.

Але найважливішим напрямком використання синтетичних каучуків є виготовлення гуми для шин - сьогодні щорічно більш ніж на 400 шинних заводах в світі виробляється більше 1 мільярда шин різних конструкцій для різних призначень.

Термоеластопласти використовуються при виготовленні покрівельних матеріалів, ряду гумотехнічних виробів. Але найцікавіше і найважливіше для країни їх застосування в складі полімерно-бітумного в'язучого (ПБЗ) матеріалу для будівництва верхнього шару дороги. Якщо дорога побудована з використанням ПБЗ, то служити вона буде в 2-2,5 рази довше, ніж звичайна бітумна. Для України з її «вічною проблемою» це вкрай важливо. В Китаї, наприклад, доріг на ПБЗ майже 70%, там використання ПБВ закріплено

законодавчими актами. Синтетичні латекси застосовуються для виготовлення фарб на латексній основі, просочення підстави коврово-тканинних покриттів і інших герметизаційних-просочувальних робіт, а також широкого асортименту побутових і медичних товарів - повітряних куль, рукавичок, сосок, еластичного бинта, медичних бандажів, гумок, бактерицидного пластиру, взуття і одягу, катетерів, білизняний гумки і багатьох інших. Рукавички з натурального гумового латексу викликають у багатьох людей, які регулярно використовують їх в роботі, алергію, викликану протейнами, що містяться в натуральному матеріалі. У разі використання рукавичок з синтетичного матеріалу такий ризик виключений.

#### **4. Пластмаси. Жирозамінники та миючі речовини.**

*Пластмаси.* При реакції з'єднання етилену з хлором утворюється біла порошкоподібна речовина, так звана полівінілхлоридна смола. Піддаючи її подальшій хімічній переробці, отримують *вініпласт* - тверду кристалічну речовину світлого кольору. Вініпласт негорючий і не має запаху, він не розчиняється в кислотах та лугах, на нього не діє навіть концентрована азотна кислота. Вініпласт легко розпилюється й обробляється на верстатах. Його можна різати і зварювати струменем нагрітого до 200 °С повітря. З вініпласту можна виготовляти деталі штампуванням, пресуванням та литтям.

Вініпласт іде на виробництво вентилів, труб, штуцерів, шлангів, арматури для хімічної промисловості, електроізоляційного матеріалу тощо. Він є основою таких пористих матеріалів, як піно-, поропласти і мипори. Вони легкі і мають чудові звуко- й теплоізоляційні властивості.

Для приготування піно-і поропластів до подрібненого в порошок вініпласту або інших подібних синтетичних смол, нагрітих до 140 - 150 °С, додають порофор - речовину, що виділяє велику кількість газів при нагріванні. Потім цю суміш ретельно перемішують, завантажують у металеві форми та нагрівають до тих пір поки вона не розплавиться. Коли з порофору починає виділятися газ, розплавлена маса пузириться і величезна кількість газових бульбашок прагне піднятися на поверхню. Однак унаслідок високої в'язкості розігрітого вініпласту їм важко вирватися з розплаву. У результаті обсяг завантаженого матеріалу, немов тісто, збільшується в кілька разів.

*Пінопласт* виходить тоді, коли утворені з порофору гази лише частково прориваються крізь розплавлену масу, а основна частина їх залишається всередині речовини й кожний пухирець замкнутий у маленькому об'ємі. Якщо ж велика частина газів проривається назовні, а їх місце заповнюється атмосферним повітрям, то таку пластмасу називають *поропластом*.

Легкі матеріали отримують і без порофору, збиваючи спеціальною мішалкою рідку пластмасу до густої піни. Затвердівши, вона перетворюється в мипору - пластмасу з великою кількістю дрібних пор.

Одним з найбільш поширених видів пластмас є *поліетилен*. Це високомолекулярний продукт полімеризації етилену. Розрізняють два основних

види цього матеріалу - поліетилен високого тиску й поліетилен низького тиску.

Поліетилен високого тиску отримують шляхом полімеризації етилену при тиску від 100 до 300 МПа і температурі від 100 до 300 °С. Найчастіше застосовують тиск 150 МПа та температури – 220 - 280 °С. Для цього процесу потрібен етилен високої чистоти 99,9%. Як каталізатор використовують кисень чи з'єднання, що розкладаються з виділенням кисню.

Полімеризацію етилену здійснюють у трубчастих змішувачах або апаратах з мішалками. При цьому близько 25% вихідного етилену перетворюється в полімер високої молекулярної ваги. Вихід полімеру з етилену досягає 98 - 99%.

З реактора продукти полімеризації й етилен, котрий не прореагував надходять у сепаратор. Тут відділяється етилен, що не містить кисню, який повертається на полімеризацію. Залишок у сепараторі є поліетиленом. Він швидко охолоджується і твердне. Отриману тверду масу після різання та пакування відправляють на заводи.

Поліетилен низького тиску являє собою порошок білого чи жовтого кольору. Одержують його шляхом полімеризації етилену безперервним методом за наявності спеціального каталізатора.

Разом з етиленом у реактор подають розчин каталізатора. Процес полімеризації протікає при тиску до 1 МПа і температурі 60 -80 °С. Продукти полімеризації разом з розчинником з реактора направляються у випарник, де розчинник відділяється від полімеру.

Для видалення каталізатора полімер промивають спиртом та водою. Поліетилен як високого, так і низького тиску має низку цінних властивостей: він легкий, гнучкий, може бути пофарбований у найрізноманітніші кольори, легко піддається очищенню. Завдяки хорошим механічним та діелектричним властивостям, високій хімічній стійкості й водонепроникності його широко застосовують у багатьох галузях промисловості. Труби з поліетилену успішно використовують для водопроводів, іригаційних споруд, для перекачування продуктів на хімічних заводах. Ці труби вирізняються легкістю і хорошими теплоізоляційними властивостями. На них не утворюється вапняних відкладень, вони не лопаються й не виходять з ладу при замерзанні води.

Прекрасні властивості має інший пластичний матеріал - *тетрафторетилен*, або *тефлон*. Цю пластмасу отримують шляхом полімеризації мономерів, у яких атом вуглецю сполучений із двома атомами фтору. Такі мономерні зв'язки виходять з етилену, замінюючи в його молекулах атоми водню атомами фтору. Молекула тефлону схожа на молекулу поліетилену, тільки в ній на місці водню знаходяться атоми фтору. Міцність тефлону на розрив майже дорівнює міцності сталі. Тефлон не можуть розчинити киплячі луги, кислоти, суміш азотної та соляної кислот не справляє на нього ніякої дії. Він розчиняється лише в металевому натрії, газоподібному фторі, трифтористому хлорі при високій температурі.

Вироби з тефлону не змінюють своїх властивостей навіть при -100 °С і витримують нагрівання майже до 350 °С; вони не набухають у воді й не змочуються нею. Якщо прокатати тефлон між валками під тиском 10 - 20 МПа,

утворюється тонка, надзвичайно міцна та еластична плівка.

Властивості цієї пластмаси дозволяють успішно використовувати її в промисловості для виготовлення різних прокладок шлангів, труб, клапанів, для електричної ізоляції, а також у хірургії.

**Синтетичні волокна.** Ці волокна знайшли широке застосування в різних галузях народного господарства і для побутових потреб населення.

Найбільшого розповсюдження набули такі види синтетичних волокон: капрон, лавсан, нітрон, анід та ін.

Вихідним матеріалом для вироблення *капрону* є капролактамі. Цей продукт отримують у результаті складної хімічної переробки фенолу або бензолу.

Отриманий капролактамі у розплавленому вигляді в суміші з водою і стабілізаторами піддають полімеризації. При цьому утворюється капронова смола. Полімеризацію здійснюють при температурі 250 °С за наявності інертного газу - азоту, що не містить домішок кисню.

Капронову смолу видавлюють з апарату азотом у холодну воду у вигляді стрічки. Застиглу, тверду масу подрібнюють і після виділення залишків вихідного капролактамі, який не вступив в реакцію полімеризації, використовують для виготовлення капронового волокна.

Капрон забарвлюють шляхом додавання фарбника в подрібнену тверду капронову масу.

Вихідним продуктом для вироблення *лавсану* є параксілол, який отримують шляхом каталітичної переробки бензинових фракцій на установках каталітичного риформінгу.

Лавсан має високу міцність, стійкість до світла, стирання і негоди. Його випускають у вигляді шовку та штапелю. Штапель-лавсан використовують для вироблення якісних вовняних тканин для костюмів і пальто.

**Жирозамінники та миючі речовини.** Широке застосування знайшли синтетичні миючі засоби пральні порошки і рідини. Ці засоби мають високу миючу здатність у воді різної жорсткості, включаючи й морську; вони повністю витрачаються на прання і не губляться при взаємодії із солями, що містяться у воді.

Початковою сировиною для отримання миючих засобів є синтетичні жирні кислоти. Ці кислоти одержують при окисненні нафтового парафіну.

Для отримання необхідних у миловарінні кислот та запобігання побічним реакціям при окисненні вихідний парафін повинен бути очищений від ароматичних, нафтинових і ненасичених вуглеводнів. Крім того, для окиснення має бути виділена фракція парафіну в межах кипіння 320 - 450 °С.

Очищення й дистиляцію парафіну виконують на нафтопереробних заводах; на окиснювальні установки передають підготовлену сировину.

Окиснення парафіну здійснюють періодичним або безперервним способом, при атмосферному тиску і температурі 105 - 130 °С. Як каталізатор застосовують марганцевокислий калій.

У результаті окиснення виходить так званий оксидат, що складається з частини, що не омилується (в основному неокисненого парафіну) й кислоти

частини (жирних насичених кислот).

Для відділення неокисненого парафіну від жирних кислот оксидат обробляють лугом - їдким натром. При цьому жирні кислоти омилюються з утворенням солей - мила. Омилення здійснюють деяким надлишком лугу при температурі 90 °С.

Отриману в результаті омилення суміш парафіну і солей жирних кислот, що зветься мильним розчином, перекачують у спеціальний апарат для відділення неомилюваного парафіну.

У цьому апараті виділяють до 50 - 70% неомлюваних парафінів від загальної їх кількості.

Остаточне відділення неомилюваних парафінів виконують термічною обробкою мильного розчину в спеціальній печі у дві стадії під тиском 12 - 13 МПа. Виділений парафін після промивання і очищення направляють на окиснення. Сухе мило розплавляють і змішують з насиченим розчином сульфату натрію. Отриману суміш, звану мильним клеєм, обробляють 92 – 96-процентною сірчаною кислотою, при цьому мило розкладається з виділенням жирних кислот і сульфату натрію. Жирні кислоти після відстоювання, фільтрації та промивання водою піддають дистиляції під вакуумом.

При окисненні парафіну поряд з кислотами для миловаріння одержують до 37 - 38% інших кислот, які знаходять застосування в різних галузях промисловості. Для миловаріння використовують кислоти із числом вуглецевих атомів від 10 до 20. Кислоти із числом вуглецевих атомів від 5 до 6 застосовують для виробництва спеціальних мастил, кислоти із числом вуглецевих атомів 7 - 9 - для отримання жирних спиртів, а кислоти із числом вуглецевих атомів вищим, ніж 20, для виробництва консистентних мастил.

Одним з основних синтетичних матеріалів для одержання миючих засобів є сульфанол. Розроблено декілька технологічних схем виробництва цього продукту. Уперше сульфанол було отримано з вузьких фракцій гасу, які википають у межах температур 220 - 245 °С.

Добре очищений гас обробляють хлором при температурі 60 °С. У результаті виходить хлорований гас - алкілхлорид. Хлорним гасом обробляють (алкілюють) бензол, у результаті чого виходить алкілбензол. Після відділення непрореагованого бензолу та інших вуглеводнів його обробляють сірчаною кислотою (сульфують).

Сульфанол одержують у вигляді пасти. Після сушіння і формування його направляють для виготовлення миючих засобів.

Для виробництва сульфанола замість гасу використовують іншу сировину. Розроблено способи отримання сульфанола з полімерів пропілену. При цих способах виключається процес хлорування. Алкілювання бензолу здійснюють полімером пропілену.

Важливими продуктами для отримання миючих порошків є алкілсульфати, котрі виходять з вищих жирних спиртів шляхом їх сульфування. Утворені при цьому сульфоз'єднання - сульфоефіри спиртів - обробляють лугом (нейтралізують), у результаті чого виходить натрієва сіль сульфоефірів -



*сульфонат.*

*Вищі жирні спирти* виробляють з жирних кислот, що утворюються при окисненні парафіну.

Для одержання спиртів жирні кислоти піддають гідрогенізації за наявності каталізатора. Спирти можна також отримувати і шляхом прямого окиснення парафіну

Описані продукти хімічного синтезу різноманітної вуглеводневої сировини не вичерпують усіх можливостей нафтохімії.