

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра конструювання, технічної естетики і дизайну

Методичні рекомендації

для самостійної роботи студентів при виконанні лабораторної роботи

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛАСТОМЕРІВ

для бакалаврів
спеціальності 132 Матеріалознавство
освітньо-професійної програми
«Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів»
дисципліна «Еластомерні матеріали і термопласти»

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Федоскіна О.В. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів при виконанні лабораторної роботи «Визначення характеристик еластомерів» для бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство освітньо-професійної програми «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» дисципліна «Еластомерні матеріали і термопласти» / О.В.Федоскіна; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. 15 с.

Затверджено до видання редакційною радою НТУ «Дніпровська політехніка» за поданням кафедри КТЕД (протокол № 1 від 31.08.2021) за поданням методичної комісії спеціальності 132 «Матеріалознавство» (протокол № 1 від 06.10.2021).

Подано методичні рекомендації для самостійної роботи студентів при виконанні лабораторної роботи «Визначення характеристик еластомерів» для бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство освітньо-професійної програми «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» дисципліна «Еластомерні матеріали і термопласти».

Зміст

Вступ	4
Показники, що характеризують пружність, міцність та еластичні властивості еластомерів	4
Конструкція і принцип дії розривних машин	6
Порядок проведення роботи	10
Висновки	14
Література	15

ВСТУП

Теоретичні знання, що отримані на лекціях і при самостійній роботі, повинні бути розширені, деталізовані і закріплені за рахунок лабораторних занять. Тема лабораторного заняття відповідає робочій програмі дисципліни «Еластомерні матеріали і термопласти» і напрямку підготовки бакалаврів освітньо-професійної програми «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» спеціальності 132 «Матеріалознавство».

Методичні рекомендації містять теоретичну частину, методику виконання роботи і розрахунків. Представлені методичні рекомендації створені з метою допомогти студентам у надбанні умінь проводити лабораторні дослідження, обирати необхідні методи проведення випробувань та обробляти отримані результати.

В результаті навчання студент повинен знати методики виконання робіт по визначенню характеристик еластомерних матеріалів з використанням сучасного обладнання, що дозволить орієнтуватися в питаннях властивостей еластомерів в умовах виробництва.

ПОКАЗНИКИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ПРУЖНІСТЬ, МІЦНІСТЬ ТА ЕЛАСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛАСТОМЕРІВ

Руйнування еластомерів під впливом механічних сил відбувається в результаті локального припинення взаємодії між атомами і молекулами, що приводить до розриву, розтріскування, роздирання і іншим явищам. Процес прискорюється киснем, озоном, діоксидом азоту, вологою, які містяться в повітрі.

Міцність є основною характеристикою конструкційних матеріалів і визначає опір матеріалу руйнуванню під впливом механічних впливів, що характеризуються граничним для даного режиму навантаження напруженням, при якому відбувається руйнування. Напруження залежить від типу деформації.

Залежно від фізичного стану матеріалу і умов деформації можливі три види руйнування: крихке, високоеластичне і пластичне. Зокрема, для еластомерів при нормальних температурних умовах характерно високоеластичне руйнування. При їх розтягуванні може відбуватися відкол, відрив або їх поєднання (рис. 1).

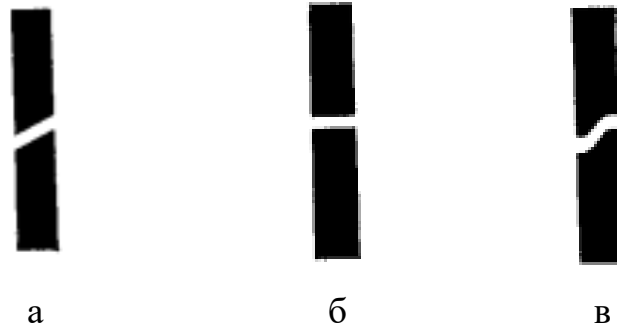


Рис. 1. Типи руйнування еластомерів при розтягуванні:
а — відкол; б — відрив; в — поєднання відколу і відриву

Для еластомерних матеріалів найбільш небезпечні розтягуючі зусилля, тому зазвичай оцінку міцності проводять при розтягуванні. Розтягування може відбуватися при зусиллі, що поступово збільшується, до руйнування зразка. В процесі розтягування еластомери зазнають три стадії стану: навантаження, що приводить до збільшення напруження до появи осередку руйнування; виникнення осередків руйнування біля дефектів структури еластомеру; власне розрив в результаті розростання осередку руйнування.

При експлуатації вироби з еластомерних матеріалів піддаються навантаженням значно менше граничних. З плином часу еластомер втрачає міцність (з'являється статична втома) і руйнується. Час від початку дії на зразок постійного напруження до розриву зразка характеризує його міцність в часі і називається довговічністю. Зі збільшенням прикладеного напруження і температури довговічність різко падає. Експериментальне визначення довговічності занадто трудомістке і тривале в часі, тому її зазвичай розраховують за умовною міцністю. Поведінка еластомерних матеріалів при розтягуванні, стисненні, вигині, крученні складна і залежить від швидкості деформації, температури, складу і будови еластомеру, а також інших чинників.

Міцність еластомерних матеріалів визначається енергіями зв'язків між елементами структурної сітки. Реальна міцність завжди менше теоретичної, розрахованої по енергіях зв'язків, оскільки навіть в еластомерах високої якості є мікродефекти, що виникають через неоднорідність і нерівномірність просторової структури (перенапруження найбільш коротких відрізків макромолекул між містками при деформації), механічних включень, повітряних бульбашок, теплових і механічних впливів в процесі виробництва виробів і т.ін. Осередок руйнування, який поступово розростається і призводить до повного руйнування матеріалу, з'являється в ділянках, що мають дефекти, за рахунок перенапруження при впливі зовнішнього

напруження. У зразків більшого розміру міцність нижче, тому показники порівнюють тільки на зразках стандартної форми і розмірів.

Для визначення характеристик міцності матеріалів застосовують розривні машини, які є самим універсальним обладнанням для випробувань на розтяг, стиск, вигин, циклічні деформації як еластомерних матеріалів, так і готових виробів - ременів, транспортерних стрічок, гумового взуття і ін.

КОНСТРУКЦІЯ І ПРИНЦИП ДІЇ РОЗРИВНИХ МАШИН

Машини випробувальні МРМ призначені для визначення деформаційних характеристик та міцності різних матеріалів: металів, пластмас, еластомерів та інших матеріалів в межах можливості машини. Вид випробувань: розтяг, стиск, вигин і інші з використанням необхідних пристосувань.

На рис.2 представлено загальний вигляд машини. Машина оснащена тензодатчиками і електронним блоком управління з виходом на ПК. Програмне забезпечення (ПК) дозволяє: здійснювати побудову необхідних графіків для обчислення додаткових параметрів: межа міцності, межа текучості, межа пропорційності, модуль пружності та ін.; складати протоколи; архівувати. На дисплеї машини видається наступна інформація: зусилля (Н); подовження (мкм); швидкість переміщення (мм / хв.); швидкість навантаження (Н / хв).



Рис. 2. Загальний вигляд машини

Несучим елементом конструкції є металева плита 1 на чотирьох регульованих ніжках 2. Зверху плити прикріплений електронний блок з пультом управління 22. Також на плиті змонтовано навантажувальний (силовий) пристрій 21, який закритий з чотирьох сторін знімними кришками.

Під плитою розташований блок електроприводу (рис. 3), який складається з електродвигуна постійного струму 3 і черв'ячного редуктора 4. До плити 1 блок кріпиться через три амортизатора 5. У робочому положенні двигун і редуктор закриті кожухом.



Рис. 3. Блок електроприводу (Вид знизу зі знятим захисним кожухом)

Вихідний вал редуктора за допомогою двох муфт 5 і 6 (рис. 4) пов'язаний з ходовим гвинтом 7.

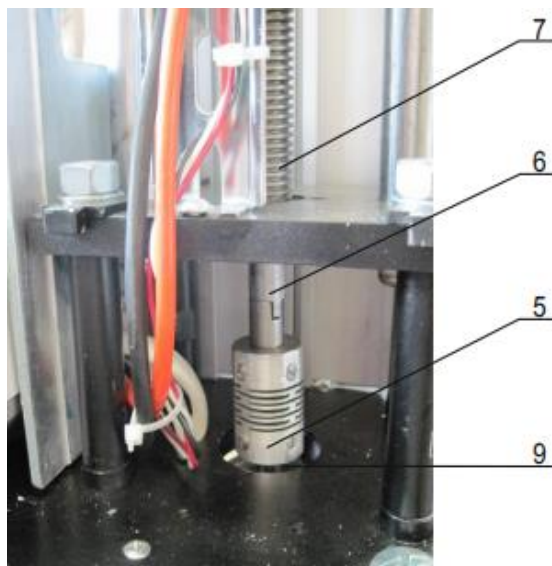


Рис. 4. Муфти і ходовий гвинт

Гвинт встановлений в підшипникових вузлах 9 і 10 (рис. 5). При обертанні вала по гвинту переміщується гайка 8 (рис. 5) з прикріпленим до неї кронштейном 11 (рис. 2), який призначений для закріплення рухомого

захвату 12 (рис. 2). Кронштейн в свою чергу переміщається по двох напрямних: 13 - задня, 14 - передня (рис. 5).



Рис. 5. Вид ззаду зі знятими кришками

Для відключення електроприводу при досягненні крайнього верхнього або крайнього нижнього положення кронштейном 11, змонтований вузол кінцевих мікрореле 15, 16 (рис. 6), які спрацьовують при натисканні на них штовхача 17.

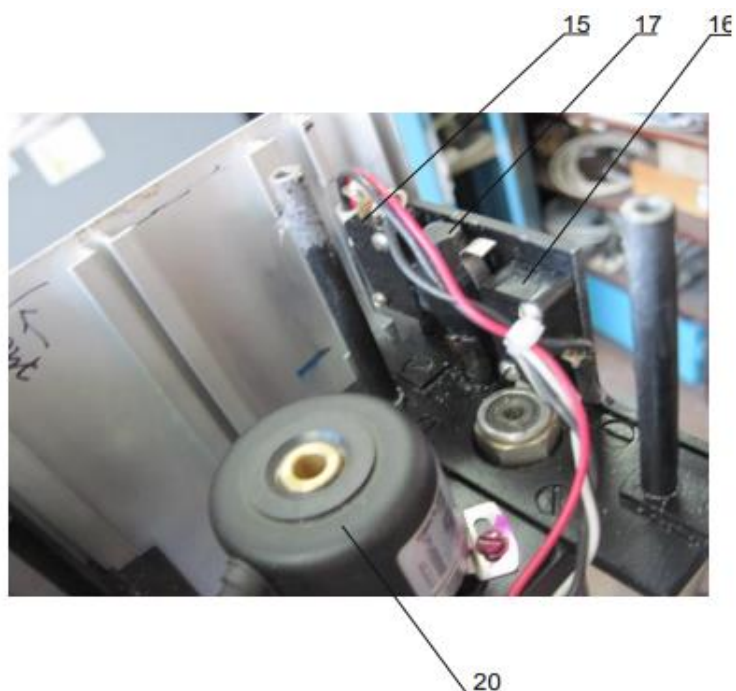


Рис. 6. Енкодер і вузол кінцевих мікрореле

Штовхач закріплений на тязі 18 (рис. 5) там же закріплені рухливі стопорні кільця 19, 20 (рис. 5), що задають повний хід кронштейна 8 (рис. 5). При розмиканні одного з кінцевих мікровимикачів електропривод буде зупинений, на дисплей буде виведений символ, що позначає спрацьовування відповідного мікроперемикача.

До верхнього кронштейну 18 (рис. 2) кріпиться датчик зусилля (тензометричного типу) на 100Н, 200Н або 300Н. Також датчик зусилля може бути встановлений на нижньому кронштейні 19. У верхній частині машини поруч з вузлом кінцевих мікровимикачів встановлений датчик переміщення 20 (енкодер типу ES - 400 - 500) (рис. 6).

Розташування кнопок і індикаторів на пульті управління показано на рис. 7.

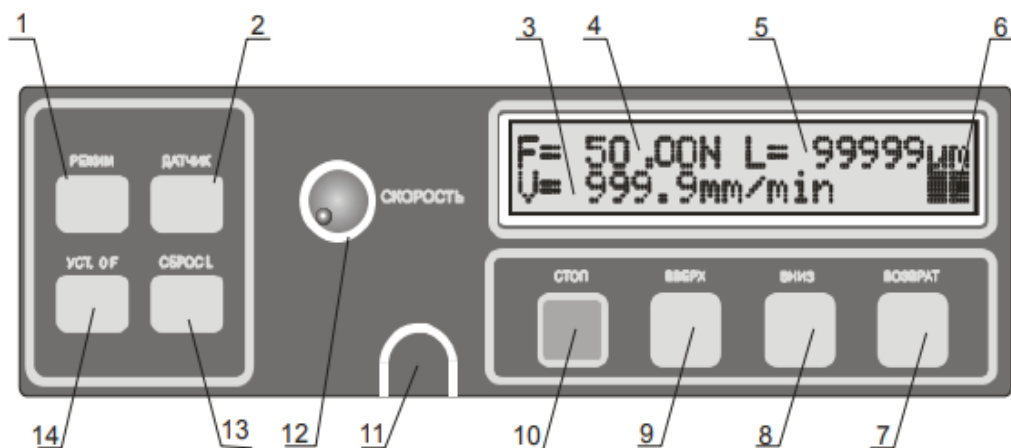


Рис. 7. Пульт керування

Кнопка 10 «СТОП» - зупинка приводу. Кнопка 9 «ВВЕРХ» - рух вгору. Кнопка 8 «ВНИЗ» - рух вниз. Кнопка 7 «ВОЗВРАТ» - рух вниз з максимальною швидкістю до обнулення показань переміщення. Функція працює, якщо показання переміщення більше 1 мм. При русі вниз, коли показання переміщення менше 5 мм, швидкість переміщення зменшується в 10 разів, що забезпечує повернення в початкове положення з мінімальним відхиленням. Кнопка 1 «РЕЖИМ» - Перегляд додаткової інформації. Прилад здійснює автоматичний пошук максимального значення зусилля і відповідну цим значенням величину переміщення. Пошук значень починається після зниження величини зусилля нижче 10 відносних одиниць і подальшого перевищення величини зусилля позначки 20 відносних одиниць. Кнопка 14

«УСТ. 0 F» служить для автоматичного підстроювання нуля датчика зусилля. При її натисканні показники зусилля встановлюються в нуль, що супроводжується коротким звуковим сигналом. Кнопка 13 «СБРОС L» служить для обнулення лічильника переміщення. Кнопка 2 «ДАТЧИК» в цій модифікації не використовується. Індикатор 3 - встановлена швидкість переміщення. Індикатор 4 - поточне зусилля. Індикатор 5 - виміряне переміщення. Індикатор 6 - значок спрацювання кінцевого вимикача. Регулятор 12 служить для установки швидкості переміщення. При обертанні його ручки за годинниковою стрілкою відбувається збільшення, а при обертанні ручки проти годинникової стрілки - зменшення заданої швидкості. Індикатор 11 - рідинний покажчик рівня (з підсвічуванням).

Експлуатувати машину необхідно в закритих, опалювальних і вентильованих приміщеннях при температурі навколишнього повітря $22\pm 5^{\circ}\text{C}$, відносній вологості повітря від 30 до 80% при 20°C , атмосферному тиску від 84 до 106,7 кПа. Повітря в приміщенні, де експлуатується машина не повинне містити пил, агресивні пари і гази, що викликають корозію.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Мета роботи. Визначення характеристик еластомерних матеріалів згідно ГОСТ 270-75 Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении.

1. Для випробувань заготовити зразки (рис. 8) у вигляді двосторонньої лопатки, форма, розміри і товщина якої регламентовані ГОСТ 270-75.

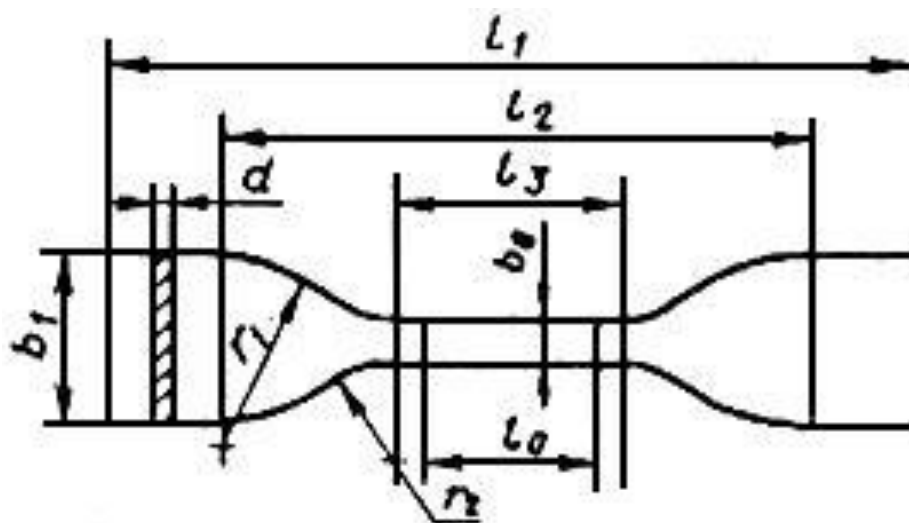


Рис. 8. Стандартний зразок по ГОСТ 270-75

Зразки вирубують з пластин штанцевими ножами або вирізують на машинах з обертовими ножами.



а



б

Рис. 9. Підготовка зразків
а – штанцевий ніж, б – зразок

На вузьку частину зразка симетрично відносно її центра нанести паралельні мітки для вимірювання подовження. Мітки у вигляді ліній наносять штампом з шириною кромки не більше 0,5 мм. Фарба для нанесення міток не повинна викликати зміни властивостей еластомерів, що впливають на результати випробувань. Кількість зразків для випробувань повинно бути не менше п'яти.

2. Отримані зразки витримати до випробування при кімнатній температурі не менше 12 ч. Випробування необхідно проводити при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і швидкості руху активного захвату (500 ± 50) мм/хв. Допускається проводити випробування при підвищених температурах рекомендованого ряду: 70 ± 2 ; 100 ± 2 ; 125 ± 2 ; 150 ± 2 ; 200 ± 3 ; 250 ± 5 °C.

3. Виміряти товщину зразків лопаток на вузькій частині, а за ширину зразка лопатки прийняти відстань між ріжучими крайками ножа в його вузькій ділянці. Отримані значення занести в протокол випробувань.

4. Зразок в формі лопатки закріпити в затискачах машини за установочними мітками так, щоб вісь зразка співпадала з напрямком розтягування.



Рис. 10. Розміщення зразка в затискачах машини

5. Перевірити нульові установки приладів, що вимірюють силу і подовження, і привести в дію механізми розтягування. В ході безперервного розтягування зразка фіксувати силу, яка відповідає заданим подовженням. У момент розриву зразка фіксувати силу і відстань між мітками. При розриві зразка за межами вузької частини результати випробувань не враховують.



а



б

Рис. 11. Проведення випробувань
а – розрив зразка, б – показання прибору

Обробка та оформлення результатів випробування

Міцність при розтягуванні представляють умовним і істинним значеннями, зазначеними нижче.

Умовну міцність (f_p) в МПа (кгс/см²) зразків лопаток обчислюють за формулою

$$f_p = \frac{P_p}{d \cdot b_0},$$

де P_p – сила, що викликає розрив зразка, МН (кгс);

d – середнє значення товщини зразка до випробування, м (см);

b_0 - ширина зразка до випробування, м (см).

Відносне подовження (ε_p) при розриві зразків лопаток у відсотках обчислюють за формулою

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100,$$

де l_p - відстань між мітками в момент розриву зразка, мм;

l_0 - відстань між мітками зразка до випробування, мм

Умовне напруження при заданому подовженні зразків лопаток (f_ε) в МПа (кгс/см²) обчислюють за формулою

$$f_\varepsilon = \frac{P_\varepsilon}{d \cdot b_0},$$

де P_ε – сила при заданому подовженні, МН (кгс);

d – середнє значення товщини зразка до випробування, м (см);

b_0 - ширина зразка до випробування, м (см).

В якості додаткових характеристик еластомеру рекомендується користуватися величинами істинного напруження при заданому подовженні і істинної міцності.

Істинне напруження при заданому подовженні зразків лопаток (σ_ε) в МПа (кгс/см²) обчислюють за формулою

$$\sigma_\varepsilon = f_\varepsilon \cdot \left(\frac{\varepsilon_\varepsilon}{100} + 1 \right),$$

де f_ε - умовне напруження при заданому подовженні, МПа (кгс/см²);

ε_ε - задане подовження, %.

Істинну міцність (σ_p) в МПа (кгс/см²) обчислюють за формулою

$$\sigma_p = f_p \cdot \left(\frac{\varepsilon_p}{100} + 1 \right),$$

де f_p - умовна міцність, МПа (кгс/см²);

ε_p - відносне подовження, %.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне показників всіх випробуваних зразків з однієї пластини, одного виробу або декількох виробів, якщо з одного виробу не можна виготовити необхідну кількість зразків. Якщо результати випробувань відхиляються від середньої величини міцності більш ніж на $\pm 10\%$, то їх не враховують і середнє арифметичне

обчислюють з решти зразків, число яких повинно бути не менше трьох. Якщо після обробки результатів залишилося менше трьох зразків, випробування необхідно повторити

До протоколу випробування записують результати: по міцності, округлені до цілих значень в кгс/см² і до десятих часток в МПа, а по відносному подовженню - до десятків.

Результати випробувань можна порівняти на зразках одного типу, однієї товщини, заготовлених одним способом і випробуваних в однакових умовах (температура, швидкість), при одних способах вимірювання подовжень і обчисленні середніх показників.

Результати випробувань оформити протоколом, в якому вказати:

- а) позначення еластомеру і умови вулканізації;
- б) тип, кількість і спосіб заготівлі зразків;
- в) температуру випробування;
- г) швидкість розтягування;
- д) тип машини;
- е) спосіб вимірювання подовження;
- ж) товщину, ширину і перетин зразка;
- з) силу при заданому подовженні і в момент розриву;
- і) подовження в момент розриву;
- к) міцність при розтягуванні;
- м) напруження при заданому подовженні;
- н) середнє арифметичне результатів показника, що визначається;
- о) дату проведення випробування;
- п) позначення цього стандарту.

ВИСНОВКИ

Виконавши лабораторну роботу із визначення показників, що характеризують пружність, міцність та еластичні властивості еластомерних матеріалів, студент набуває знань, умінь та навичок:

- застосовувати основні технології виготовлення, оброблення та випробування матеріалів

- застосовувати сучасні методи і методики експерименту у лабораторних та виробничих умовах, уміння роботи із дослідницьким та випробувальним устаткуванням для вирішення завдань в галузі матеріалознавства

ЛІТЕРАТУРА

1. Тхір І. Г. Фізико-хімія полімерів. Навчальний посібник / Тхір І. Г., Гуменецький Т. В. - . Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. - 240 с.
2. Аскадский А.А. Химическое строение и физические свойства полимеров./ А.А. Аскадский, Ю.И. Матвеев - М., Химия, 1983. - 248с.
3. Ван Кревелен Д. Свойства и химическое строение полимеров. / Ван Кревелен Д. - М., Химия, 1976. - 416с.
4. Суберляк О. В. Теоретичні основи хімії та технології полімерів. Навчальний посібник / О. В. Суберляк, В. Й. Скорохода, Н. Б. Семенюк. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. - 340 с.
6. Липатов Ю. С. Теплофизические и реологические характеристики полимеров. Справочник / А.И. Иванченко, В. А. Пахаренко, В. П. Привалко и др. Под общ. ред. акад. Ю. С. Липатова. - Киев : Наук. думка, 1977. - 244 с.
7. Марк, Дж. Каучук и резина. Наука и технология / Дж. Марк. - М.: Интеллект, 2011. – 447 с.
8. ГОСТ 270-75 Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении.