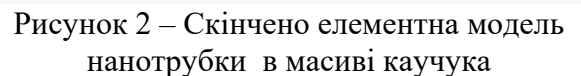
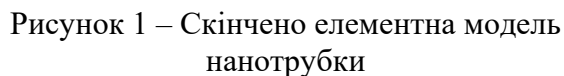


Мамчур О.В., асп.; Гондлях О. В., д.т.н., проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Ключові слова: наномодифікований каучук, метод скінчених елементів.

В цій роботі проведено чисельне моделювання витягування нанотрубки з гумової маси при тому що вимушені зміщення, які прикладені до нанотрубки, направлені під різними кутами до осі нанотрубки. Так, як і в роботі [1], використано тришарову модель – «нанотрубка – полімерна молекула – тверда гума» (рис. 1-2) .



37

В результаті проведених чисельних експериментів, при яких нанотрубка витягувалась під кутами 0° , 15° , 30° , 45° до осі нанотрубки, отримано діаграми залежності реакції від вимушених зміщень (рис. 4) для торцевого вузла А, (рис.3) приведенного на рис. 3.

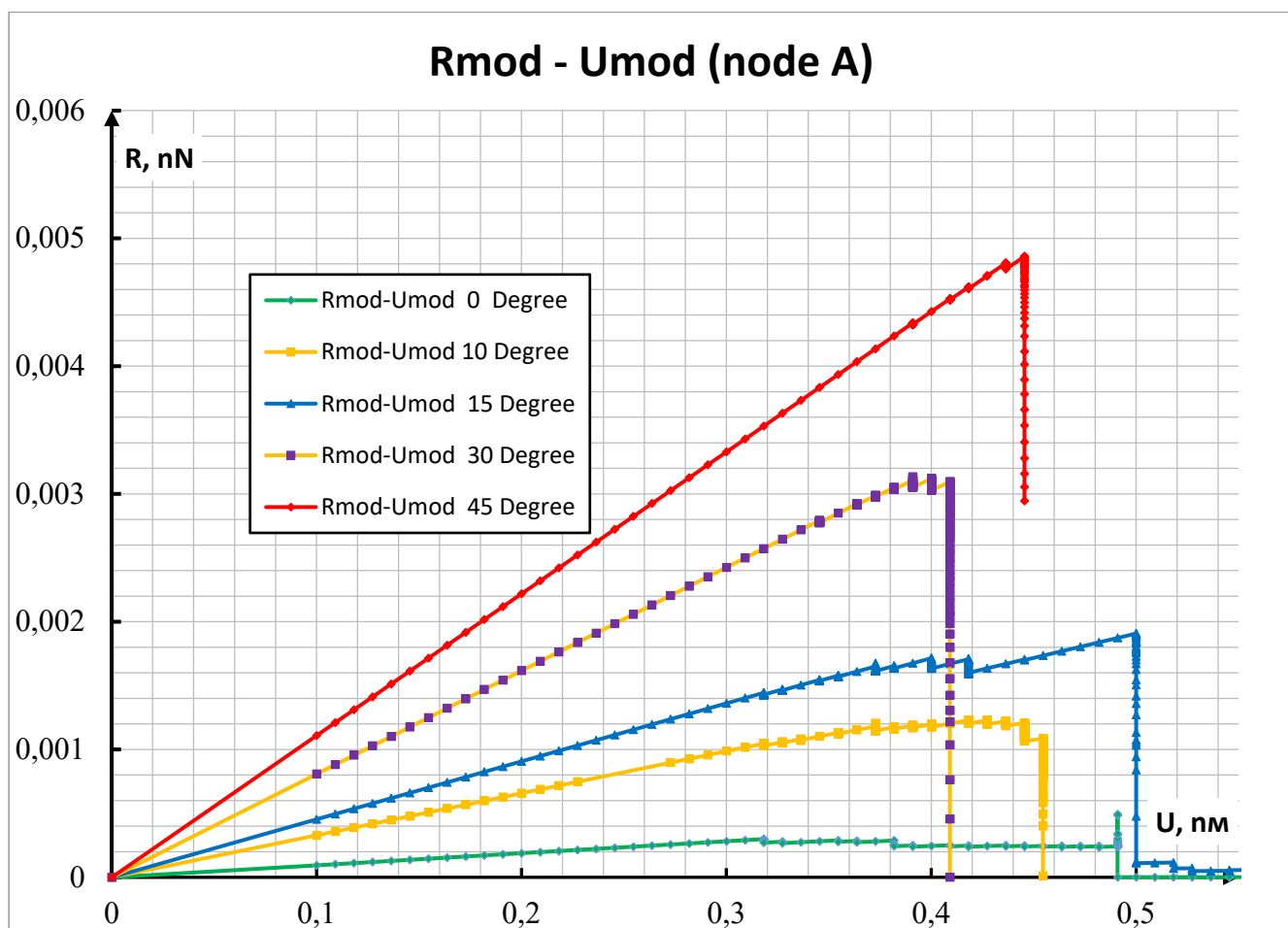
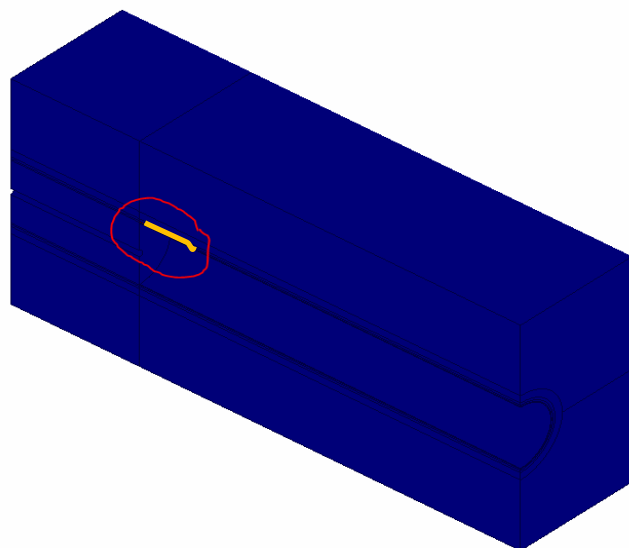
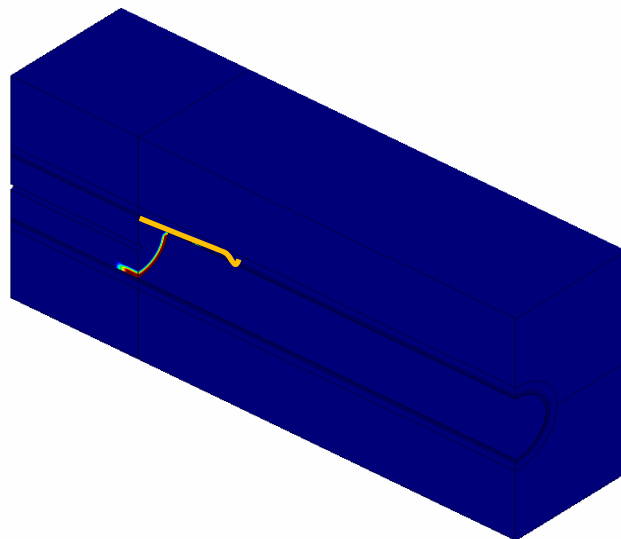


Рисунок 4 – Діаграми залежності реакції R , nN від вимушених зміщень U , nm для торцевого вузла А в залежності від кута витягування нанотрубки з масиву каучука

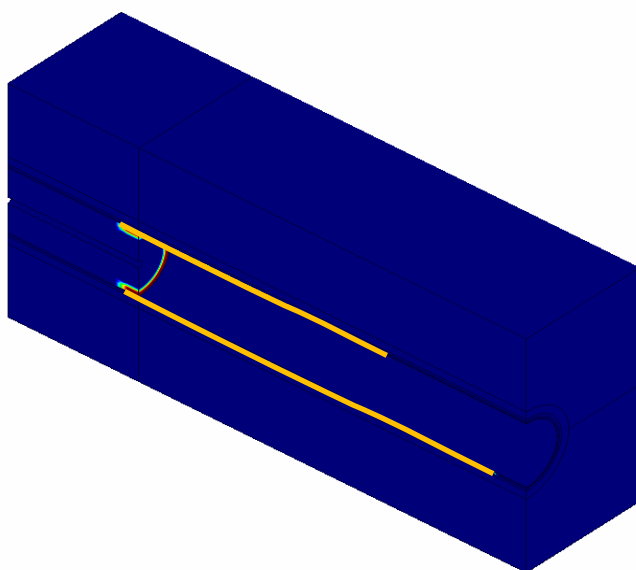
Проведені числові дослідження показують, що деструктивні процеси у зразку проходять в чотири етапи. На першому етапі (рис. 5, а) з'являється локальна зона відшарування нанотрубки від масиву каучука із сторони в яку направлені вимушені зміщення. В результаті перерозподілу напружень після виникнення зони розшарування проходить поступове зменшення ковалентного взаємодії між нанотрубкою та каучуком (рис 5, б). Третій етап витягування нанотрубки характеризується прогресуючим відшаруванням нанотрубки від масиву каучуку, яке поширюється на всю довжину нанотрубки (рис 5, с). В подальшому проходить розрив каучукових молекул в зоні прикладення вимушених зміщень (рис 5, д). В результаті цього процесу контакт нанотрубки з каучуковим масивом повністю зникає про що свідчить різке падіння параметра реакції « R » на діаграмах, приведених на рис. 4.



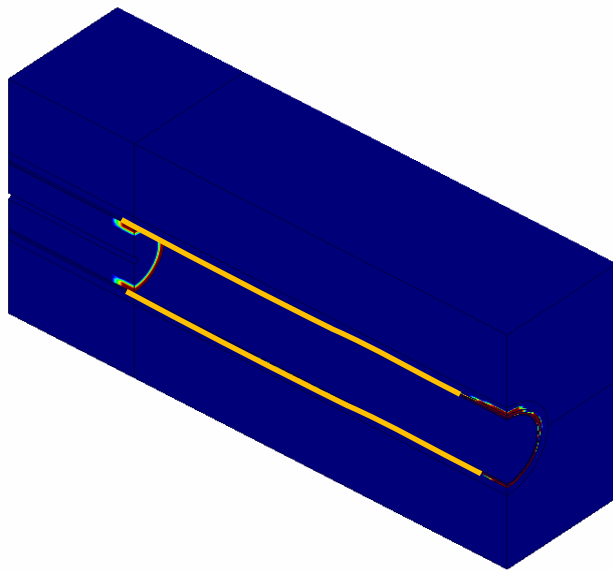
a) зародження зони руйнування



b) руйнування ковалентних зав'язків



c) відшарування нанотрубки від каучуку



d) руйнування молекул каучука

Рисунок 5 – Еволюційні картини руйнування зразка при витягування з нього нанотрубки

Висновки. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що робота яку потрібно здійснити при витягуванні нанотрубки з каучукового масиву та еволюційні процеси руйнування зразка суттєво залежить від кута прикладення деструктивних реакцій, що необхідно враховувати при подальшій оцінці міцності виробів з наномодифікованих каучуків.

Перелік посилань

1. Aleksandr GondlyakhAleksandr KolosovValeriy ScherbinaOleksandr MamchurYaroslav Shilovich, Crack Resistance Parameters of Nano-reinforced Rubber Products in Mechanical Engineering, Selected Papers from the 3rd Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes (InterPartner-2021), September 7-10, 2021, Odessa, Ukraine.
2. Батаев А.А., Батаев В.А. Б 28 Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
3. Бадамшина Э. Р., Гафурова М. П. Модификация свойств полимеров путем допирования фуллереном C60 // Высокомолекулярные соединения. 2008. Т. 50, № 8. С. 1572.