

**Орисенко Олександр Вікторович**, к.т.н., доцент,  
**Криворот Анатолій Ігорович**, старший викладач, anatoliikryvorot@gmail.com  
*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,*

## **РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЛКАНІЗАТОРА ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ АВТОМОБІЛЬНИХ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН**

Одним із найефективніших методів ремонту автомобільних шин з місцевими ушкодженнями є вулканізація, яка являє собою процес перетворення каучуків загального призначення (натурального та синтетичних) в гуму під тиском та при температурі 140–160 °С. Дотримання необхідного та сталого температурного режиму в зоні вулканізації має визначальний вплив на якість відремонтованого виробу. Результати численних досліджень показують, що коливання температури у вулканізаційній ділянці покриття в 5 °С призводить до зміни ступеня вулканізації більше ніж на 30% [1].

Проте у ряді вулканізаторів, що випускаються промисловістю, помічається значний розкид температур по поверхні нагрівального елемента (більше ніж на 5 °С) та є складним, а іноді і неможливим, контроль температури у зоні вулканізації. Помічено також, що на температурний режим в вулканізаційній зоні впливає ступінь притискання до шини ремонтного матеріалу та нагрівального елемента [2, 3].

Аналітичні розрахунки необхідної температури нагрівального елемента, що базуються на теорії теплопровідності багат шарових стінок [4], не дають об'єктивних результатів. Спостерігається значна розбіжність розрахункових та експериментальних даних. Це пояснюється тим, що при аналітичному методі розрахунку приймають, що в місці дотику окремих шарів контакт є ідеальним [5] і теплопередача здійснюється від шару до шару без урахування проміжків між ними. Проте в реальному об'єкті дослідження дотик окремих шарів є нещільним і це дає похибку при розрахунках. Урахування наявності нещільного контакту аналітичним методом є складним [6].

Проведені дослідження показують, що процес вулканізації при місцевому ремонті шин протікає в умовах, які постійно змінюються. Ці зміни викликані теплофізичними характеристиками вулканізатора, нерівномірним розподілом температури всередині шару, що вулканізується та коливаннями температури навколишнього середовища. Також на процес вулканізації значно впливає притискна сила.

З метою встановлення оптимальних режимів вулканізації та отримання математичної залежності, що описує даний процес застосовано планування експерименту. Оскільки основними факторами, що впливають на процес вулканізації є температура нагрівального елемента та тиск на поверхні вулканізації, а вигляд отримуваної залежності невідомий вирішено прийняти двохфакторний трьохрівневий план експерименту [7, 8].

В результаті реалізації експерименту отримано математичну залежність яка має вигляд

$$t_d = 0,0041 \cdot P^2 + 0,0009 \cdot t_{н.е.}^2 + 4,52 \cdot P + 0,76 \cdot t_{н.е.} - 0,02 \cdot P \cdot t_{н.е.} - 30,02, \quad (1)$$

де  $t_d$  – досліджувана температура поверхні ложементу;  $P$  – сила притискання на поверхні зварювання;  $t_{н.е.}$  – температура нагрівального елемента.

Використовуючи рівняння (1) будемо графічні залежності температури ложементу від температури нагрівального елемента та величини сили притискання (рис. 1).



Рис. 1. Графічна залежність температури поверхні ложементу від поступового збільшення температури нагрівального елемента та фіксованій сили притискання

На основі графічної залежності визначаємо необхідні температуру нагрівального елемента та значення сили притискання при яких забезпечується температура на ложементі в 150 °C, що є оптимальним значенням.

За даними експериментальних досліджень проведено контрольну вулканізацію автомобільної шини з боковим розривом гумовокордового шару (рис. 2). Якість виконаного ремонту перевірена накачуванням шини до тиску, який перевищує експлуатаційний у два рази. Дефектів ремонту не виявлено.



Рис. 2. Контрольна вулканізація автомобільної шини

В результаті проведених експериментальних досліджень процесу вулканізації автомобільної шини за допомогою вулканізатора ЭВУ ЗМП отримано математичну залежність між температурою нагрівального елемента та тиску на поверхнях зварювання у вигляді рівняння регресії, яке придатне для оптимізації режимів вулканізації.

### Література

1. Технический анализ и контроль производства синтетических каучуков. / Г.А. Белова, Н.А. Исакова, В.С. Фихтипольц, Е.Д. Панкратова. – Л: Химия, 1987. – 184 с.
2. Matador Rubber s.r.o. , Test methods of rubber materials and products, Education and Culture: Leonardo da Vinci, 2007, 108 p.
3. Лукомская, А.И. Оценка степени вулканизации резин в изделиях М.: ЦНИИТ Энефтехим, 1972. – 43 с.
4. Cengel Y., Boles M., Thermodynamics: An Engineering Approach. 6-th edition, McGraw-Hill, 2007, 960 p.
5. Техническая термодинамика и теплопередача Учеб. Для вузов / В.И. Кудряшов, В.И. Лебедев, В.А. Павленко. – М.: Стройиздат, 1986, – 464 с.: ил.
6. Cengel Y. Heat Transfer: A Practical Approach. McGraw Hill, 2004, 908 p.
7. Vanhatalo, E. & Bergquist, B. (2007). Special considerations when planning experiments in a continuous process.
8. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с