

ГЕОЛОГІЯ, ВИДОБУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК. 626.82

Є.З. Маланчук, к.т.н., доцент
М.Л. Гречуха, магістр

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛАДНИХ СУМІШЕЙ

Національний університет водного господарства та природокористування. Рівне

В роботі розглянуті питання автоматизації процесу дозування компонентів для виготовлення гуми, розроблена математична модель для даного процесу в середовищі MatLab.

Ключові слова: автоматизація, гума, змішування, імітаційна модель.

Вступ

Каучук і гума стали одними з найважливіших матеріалів у технічному прогресі останнього сторіччя завдяки низці специфічних особливостей. Промислове значення каучуку (який є основною складовою частиною гуми) дуже велика. Значну кількість каучуку споживають автомобільна, авіаційна промисловості. Велика кількість його йде на виготовлення приводних ременів і транспортних стрічок, шлангів та рукавів, електроізоляційних виробів, прогумованих тканин, виробів широкого вжитку (взуття, спортивні товари, іграшки), виробів санітарії і гігієни та багато іншого. Досить навести дані про щорічне світове виробництво натурального і синтетичного каучуку - понад 4 мільйонів тонн, щоб зрозуміти роль каучуку в житті людини.

Постановка задачі

Головне завдання при розробці гум полягає у знаходженні оптимального балансу між фізико-механічними властивостями гуми, що забезпечують поставлені вимоги, технологічними властивостями, що задовольняють умовам діючого виробничого процесу, і економічною ефективністю.

Основу гумових сумішей становлять каучук (20-60% по масі). Слід зазначити, що в сумішах для шинної промисловості використовується відносно невеликий асортимент канчуків загального призначення (натуральний каучук, бутадієнстирольний каучук), а при виробництві сумішей для промисловості гумовотехнічних виробів застосовується до 30 видів каучуку зі спеціальними властивостями і, крім того, до 100 інших інгредієнтів. Це вулканізуючі агенти, активатори і прискорювачі вулканізації, наповнювачі, пластифікатори, барвники, антипірени, сповільнювачі підвулканізації, модифікатори (рис.1). Вибір рецептури гумової суміші визначається технічними вимогами до виробу, призначення та умов експлуатації.

Вулканізуючі агенти додаються в суміш з метою формування структури вулканізату. Як правило, в якості такого типу компонента застосовується сірка і селен, іноді використовуються перекиси.

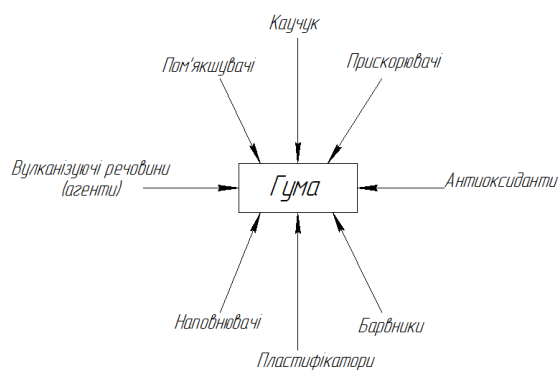


Рис. 1. Склад гуми

Як прискорювачів процесу вулканізації застосовуються полісульфіди магнію, оксиди свинцю. Вони впливають не тільки на режим вулканізації, а й на формування фізико-хімічних властивостей гуми. Окисли деяких металів посилюють активність прискорювачів процесу вулканізації, тому їх називають активаторами [1,2].

Антиоксиданти вводяться до складу суміші з метою уповільнення процесу старіння гуми, що погіршує її експлуатаційні характеристики. Дія антиоксидантів може бути хімічним і фізичним. У першому випадку окислювання каучуку сповільнюється за рахунок окислення

самих антиоксидантів. У разі фізичної дії на поверхні каучуку створюються захисні плівки.

Пластифікатори полегшують переробку гумової суміші, підвищують еластичність гуми і її морозостійкість. Як пластифікатори застосовуються рослинні масла, дибутилфталат, стеаринова кислота. До складу гумової суміші пластифікатори вводяться в кількості 10 - 30% від маси каучуку.

Наповнювачі, що входять до складу суміші, можуть бути активними або інертними. Активні наповнювачі, такі як кремнієва кислота, оксид цинку, покращують механічні характеристики гуми. Інертні наповнювачі (тальк, крейда, барит) використовують з метою зниження вартості гуми. Часто для цього застосовують регенерат - продукт, одержуваний при переробці зношених автомобільних шин і відходів гумовотехнічних виробництва. При цьому підвищується якість гуми за рахунок зниження схильності її до старіння.

При ручному зважуванні компоненти гумової суміші зважують на різних терезах і, як правило, у відкритій тарі подають на дільницю змішання з допомогою електрокарів або ручних візків. Така ручна система зважування має суттєві недоліки; низьку продуктивність, відсутність контролю за точністю зважування, незадовільні санітарно-гігієнічні умови праці і великі втрати інгредієнтів за рахунок розпилення. Ручне зважування повсюдно витісняється напівавтоматичними і автоматичними системами дозування.

Вирішення задачі

Автоматизація процесу виготовлення гуми є важливою з точки зору економічної ефективності, ресурсозбереження, поліпшення екології навколишнього середовища, якості та надійності продукції. Але в першу чергу, оскільки це є хімічною промисловістю, автоматизація важлива для забезпечення безпеки праці (усуваючи безпосередній контакт обслуговуючого персоналу зі шкідливими речовинами).

Раціонально спроектована система автоматизації забезпечує зменшення собівартості продукції завдяки підвищенню продуктивності устаткування, більш суворому витримуванню заданого технологічного режиму, зниження витрат сировини, матеріалів та енергії на виробництво одиниці продукції, зменшення кількості обслуговуючого персоналу і т.д. Економічна ефективність системи автоматизації при заданій продуктивності процесу залежить від її вартості та зменшення собівартості продукції [3,4].

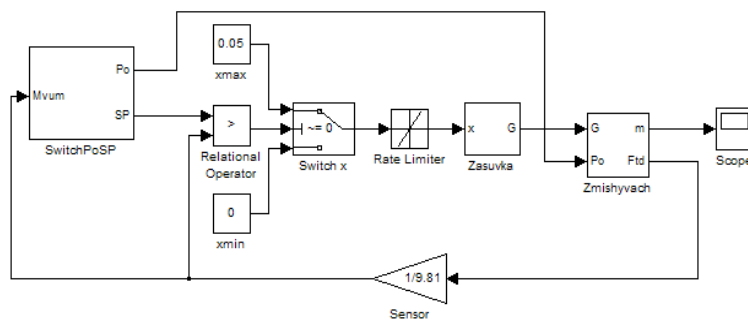


Рис. 2. Математична модель процесу дозування

Моделювання процесу здійснюється в MatlabSimulink – інтерактивної системи для моделювання нелінійних динамічних систем (рис.2). Моделювання процесу дозволить нам розрахувати і оптимізувати досліджувану систему для найбільш ефективного і економічно вигідного регулювання. Основна мета полягає у спостереженні за системою, перевірки на можливість її функціонування при заданих умовах.

SwitchPoSP – блок сабсистеми, що відповідає за кількість і порядок вивантаження компонентів гумової суміші.

Блоки констант “xmax” та “xmin” позначають початкове/кінцеве положення нашої засувки на трубопроводі з $d=50$ мм, а блок “Switchx” переключає їх. Тобто блок RelationalOperator порівнює задане значення ваги замісу з поточним, і якщо значення SP (маса замісу) досягає потрібного значення (в даному випадку 150.25 кг), положення переключається.

Сабсистема Zasuvka містить математичну модель засувки, а блок RateLimiter задає час її відкриття/закриття.

Bunker – модель змішувача, куди потрапляють всі компоненти гумової суміші.

Блок Sensorділить значення Ftdна 9.81, перетворюючи силу у масу.

Система керування задає крайні положення для засувки. При надходженні сигналу на систему керування (рис.3) відбувається порівняння із заданим сигналом. Розузгодження прямує на блок логічного вибору, де відбувається вибір напрямку роботи клапана. При додатньому розузгодженні після блоку логічного вибору іде 0,05, що відкриває засувку. При від’ємному розузгодженні після блоку логічного вибору іде 0, що є сигналом на закриття засувки.

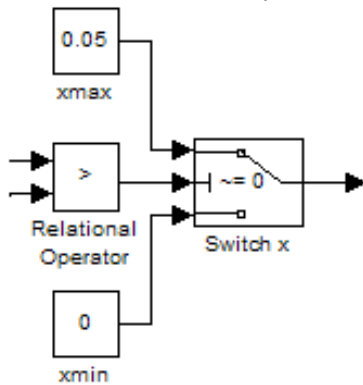


Рис. 3. Модель системи керування

Сабсистема SwitchPoSp:

Дана сабсистема (Рис.4) необхідна нам для переключення почерговості вивантаження компонентів гумової суміші. Блоки констант M1...6 та Po1...6 позначають відповідно маси та густини компонентів гумової суміші взятих за рецептурою БСК-1500. Блоки Add0...4 сумують завантаження всіх компонентів (значення завдань мас надходять до MultiportSwitch1). При кожному такому додаванні, поточне значення порівнюється із заданим за допомогою блоку RelationalOperator який в свою чергу дає сигнал на Switch, що переключає положення засувки в залежності

від вхідного сигналу (0 або 1). Сигнал зі Switch потрапляє на Add5, що подає сигнал на MultiportSwitch, який переключає густину відповідно до компоненту, що завантажується. Chasnadovantag. – часова затримка, що необхідна для того, щоб поточний компонент повністю відвантажився. Perekluch.Syst – часова затримка, що потрібна системі для переключення завдань густини та маси для наступного компонента.

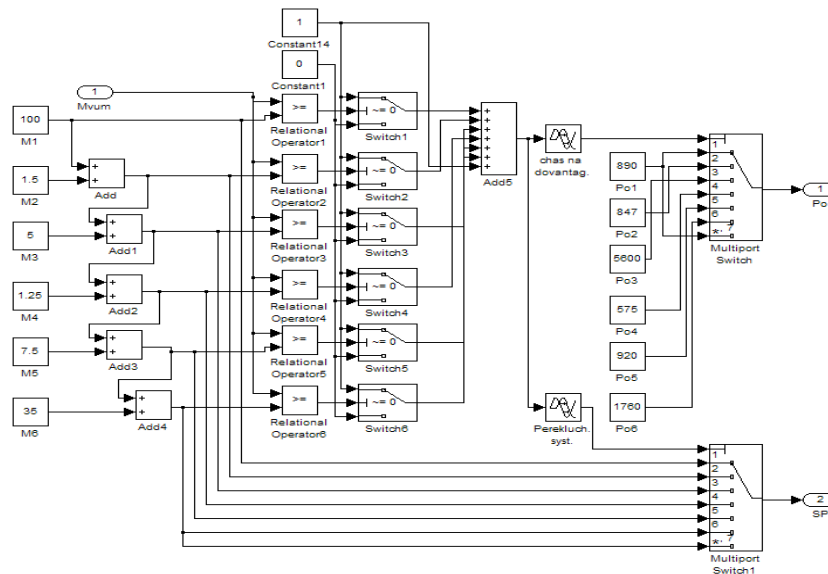


Рис. 4. Структура блоку SwitchPoSp

Математична модель засувки. Дану математичну модель ми складаємо для визначення втрати компоненту через поперечний переріз засувки:

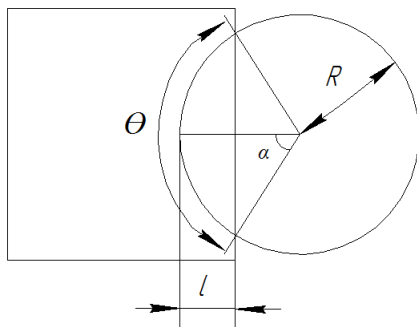
Знайдемо кут α та θ , за допомогою якого визначимо площу перекритого сегменту:

$$\cos \alpha = \frac{R-l}{R}; \quad \alpha = \arccos \frac{R-l}{R}; \quad \Theta = 2\alpha = 2 \arccos \frac{R-l}{R};$$

$$S = \frac{1}{2} R^2 (\Theta - \sin \Theta);$$

; - рівняння для знаходження площі сегменту.

Прийmemo, що відношення площ поперечного



перерізу таке ж як і відношення витрат: $\frac{S}{S_{max}} G_{max} = G$, де R – радіус трубопроводу; l – довжина перекритого сегменту; α – центральний кут сегмента; G , G_{max} – витрата та максимальна витрата через трубопровід. Імітаційна модель засувки представлена на рис.5:

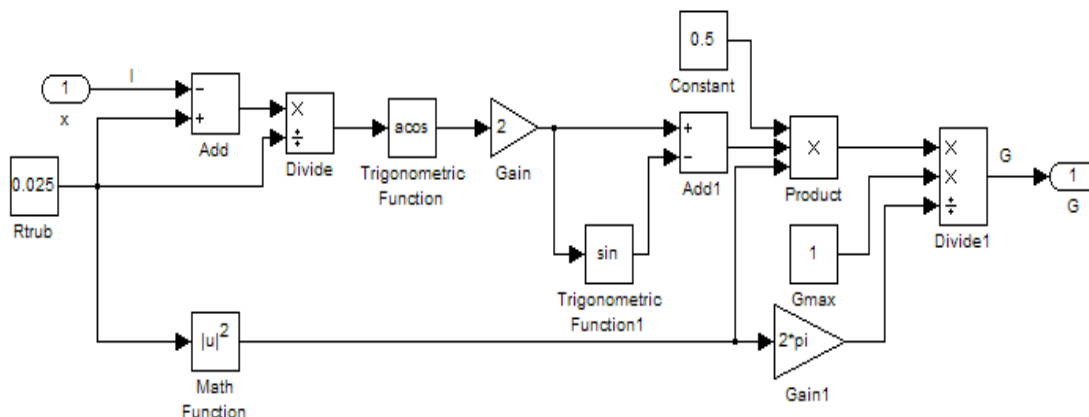


Рис. 5. Імітаційна модель засувки

Математична модель змішувача

Побудова даної моделі необхідна для опису фізичних законів, що протікають в середині змішувача під час попадання в нього речовини. Для побудови математичної моделі даного апарату використаємо наступні рівняння:

1) для знаходження початкової швидкості падіння $v_0 = \frac{G}{\rho \cdot S_{труб}}$ (1)

ρ - густина речовини, що подається; $S_{труб}$ - площа поперечного перерізу трубопровода; G - витрата.

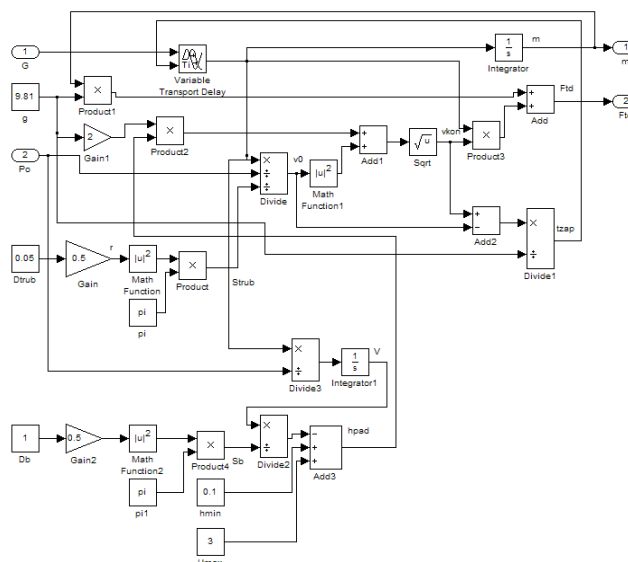
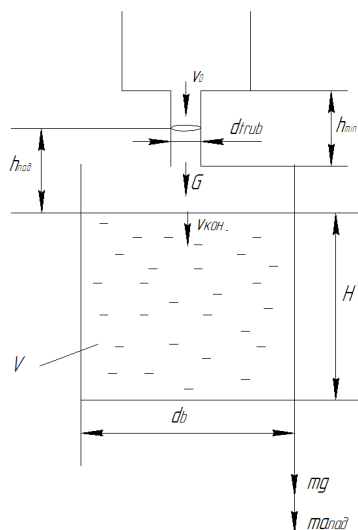


Рис. 6. Імітаційна модель Zmishyvach

2) рівняння для знаходження сили, що діє на тензодавач:

$$F_{т.д.} = mg + G \sqrt{\left(\frac{G}{\rho \cdot S_{труб}}\right)^2 + 2gh}$$
 (2)

3) рівняння для знаходження висоти падіння матеріалу: $h_{над} = h_{min} + H_{max} - \frac{V}{S_b}$ (3)

H_{\max} - висота бункеру;

4) величину транспортного запізнення знайдемо з:

$$\tau_{\text{зан}} = \frac{v_{\text{кон}} - v_0}{g}, \text{ де } v_{\text{кон}} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}. \quad (4)$$

$v_{\text{кон}}$ - швидкість речовини при контакті з сумішшю в бункері.

Імітаційна модель змішувача наведена на рис.6.

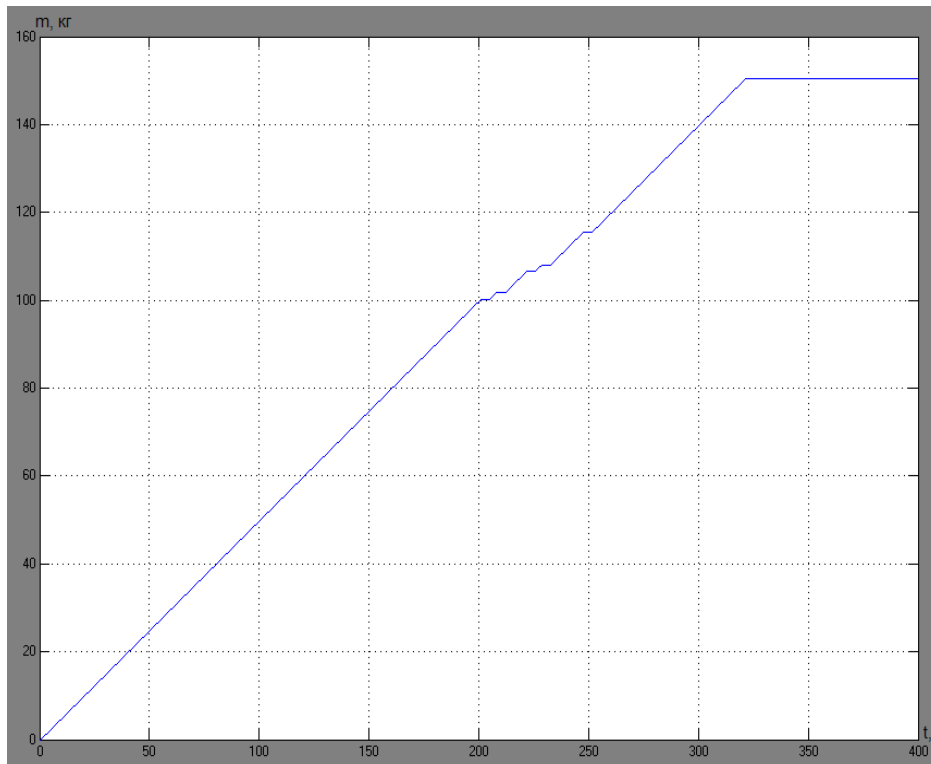


Рис.7. Перехідна характеристика процесу

Висновки

Аналізуючи дані наведені на (рис.7), система є адекватною. Дану систему автоматичного керування процесу дозування компонентів гумової суміші доцільно використовувати, так як похибка дозування становить 0,16%, що суттєво на якість отриманої гуми не вплине і не принесе великих матеріальних втрат. Дана робота має практичну цінність. В ній розглянуті основні компоненти гумової суміші, та їх вплив на різні фізико-механічні властивості гуми та розглянуто питання необхідності автоматизації процесу виготовлення гуми з точки зору економічної ефективності. Шляхом моделювання досліджено і оптимізовано систему автоматичного дозування, перехідна характеристика відповідає теоретичній залежності.

Список літературних джерел

1. Дж. Марк, Б. Эрман. Каучук и резина. Наука и технология.- М.:Интеллект, 2011.
2. Медведёв В.П., Соловьёва Ю.В. Испытание резин на ускоренное термическое старение в воздушной среде. Влияние химической структуры каучука на стойкость резин к старению. – Волгоград.: Политехник, 2009.
3. С.В. Туренко, А.Ф. Пучков, В.Ф. Каблов. Наполнители для резин. – Волгоград.: ВолгГТУ, 2005.
4. Г.В. Иванова. Автоматизация технологических процессов основных химических производств. Методическое пособие. – СПб.: СПбГТИ, 2003.
5. Дьяконов В.Н., Круглов В.В. Математические пакеты расширений MATLAB. Специальный справочник. –СПб.: Питер, 2001.