

УДК 678.023:678.053

АНАЛІЗ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ РОТОРНОГО ЗМІШУВАЧА

В.Т. Вознюк

Аспірант*

Контактний тел.: (044) 406-84-00, 093-762-25-24

E-mail: voznyuk.slava@gmail.com

М.В. Кваша*

Контактний тел.: 096-960-48-78

E-mail: maxim4eg@bigmir.net

І.О. Мікульонюк

Доктор технічних наук, професор*

Контактний тел.: (044) 406-84-40, 066-748-65-65

E-mail: i.mikulionok@kpi.ua

*Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Досліджено енергосилові параметри процесу змішування у роторному змішувачі з овальними роторами. Під час аналізу враховувався рух одержуваної композиції в змішувальній камері не лише в коловому, а й в осьовому напрямку

Ключові слова: псевдопластична композиція; роторний змішувач; енергосилові параметри процесу

Исследованы энергосиловые параметры процесса приготовления в роторном смесителе с овальными роторами. Во время анализа учитывалось движение получаемой композиции в смесительной камере не только в круговом, но и в осевом направлении

Ключевые слова: псевдопластичная композиция; роторный смеситель; энергосиловые параметры процесса

Are investigated energy-power parameters of the mixing process in a rotary mixer with oval rotors. During the analysis movement of a received composition in a blending chamber not only in circular, but also in an axial direction was considered

Keywords: a pseudo-plastic composition; internal mixer; energy-power process parameters

Вступ

Експлуатаційні властивості гумотехнічних виробів і продукції з полімерних композиційних матеріалів значною мірою визначаються якістю приготування гумових сумішей і пластмас, властивості яких залежить від процесу змішування. У технологічних лініях для виготовлення виробів з матеріалів на основі високомолекулярних сполук одним з основних видів обладнання є роторні змішувачі, серед різних конструкцій роторів яких найбільшого поширення набули ротори з овальним перерізом [1–3].

Найбільш поширеним та ефективним керувальним параметром на процес приготування композицій на основі високомолекулярних сполук є частота обертання роторів гумозмішувача [4]. Аналіз результатів математичного моделювання процесу змішування засвідчує, що для визначення найбільш ефективного змішування з економічної точки зору потрібно врахувати ряд чинників:

- реологічні властивості оброблюваної композиції;
- частоту обертання роторів;

– величину зносу робочих органів роторного змішувача (зокрема величину мінімального проміжку між вершиною гребеня ротора і стінкою змішувальної камери).

У більшості методик розрахунку параметрів процесу змішування (потужності приводу роторів; часу змішування; витрати охолоджувальної води) не враховують рух оброблюваної композиції в змішувальній камері вздовж осі роторів [1–3]. У той же час існують праці, в яких зроблена спроба врахування руху композиції не лише в коловому, а й в осьовому напрямку роторів [5, 6], що дає змогу з більшою точністю визначити вплив режимів процесу змішування на основні енергосилові параметри змішувача: потужність приводу та час змішування.

Постановка задачі

Метою роботи є аналіз залежності потужності приводу роторів та тривалості змішування від основних параметрів змішувача з урахуванням руху композиції як в коловому, так і в осьовому напрямку роторів. Ре-

зультати відповідних досліджень дозволять робити обґрунтований вибір параметрів процесу змішування як під час конструювання нових, так і модернізації існуючих змішувачів.

Аналіз числових досліджень процесу змішування

Загальний вигляд роторів змішувача наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд роторів змішувача

Під дією обертових роторів основний процес змішування матеріалу і диспергування його компонентів відбувається в області серпоподібного проміжку, утвореним лобовою поверхнею ротора та стінкою камери.

При цьому матеріал рухається не лише в колітовому напрямку, а і вздовж осі відповідного ротора (точніше гвинтових поверхонь його лопатей). При цьому, якщо в колітовому напрямку композиція рухається під дією тиску, що розвивається в об'ємі матеріалу в результаті його деформування [5], то в осьовому напрямку приймають допущення, що має місце безнапірна течія композиції [6]. При цьому докладні дослідження впливу параметрів змішувача на потужність, що споживається приводом роторів, за методиками, які враховують рух композиції лише в колітовому напрямку роторів, зазвичай на 10...15% менші від значень потужності, визначених безпосередньо у виробничих умовах на промисловому обладнанні [7].

Результати числового моделювання процесу руху композиції як в колітовому, так і в осьовому напрямках змішувальної камери змішувача змішування [5, 6] оброблені у вигляді графіків (рис. 2–4).

На рис. 2 наведено вплив зміни лінійної швидкості гребеня швидкохідного ротора змішувача 250/40 ГОСТ 11996 (РСВД-140-40 [1]) на час змішування під час оброблення гумової суміші шинного виробництва з показником степені реологічного рівняння $n=0,2$ і коефіцієнтом консистенції $K=85000$ Па·сⁿ. Розрахунковий час змішування визначали з умови накопичення композицією загальної деформації зсуву, оптимальна величина якої, що забезпечує одержання суміші високої якості і встановлено численними дослідженнями, становить 2000...2500 [3, 7].

З рис. 2 видно, що тривалість змішування, визначений за пропонованою методикою, трохи менший за визначений за традиційними методиками, що можна пояснити додатковим внеском у загальну деформацію зсуву складової, що враховує осьовий рух композиції. У той же час розрахунковий час змішування в обох випадках менший за значення, отримані у виробничих умовах, проте характер зміни розрахованого часу змішування повністю відповідає практичним даним. Зазначену різницю теоретичних та експериментальних даних можна пояснити тим, що на практиці часто реалізують не лише гомогенізувальне, а й диспергувальне змішування. Крім того, на практиці зазвичай збільшують тривалість змішування для забезпечення гарантованої якості готової композиції [5, 7].

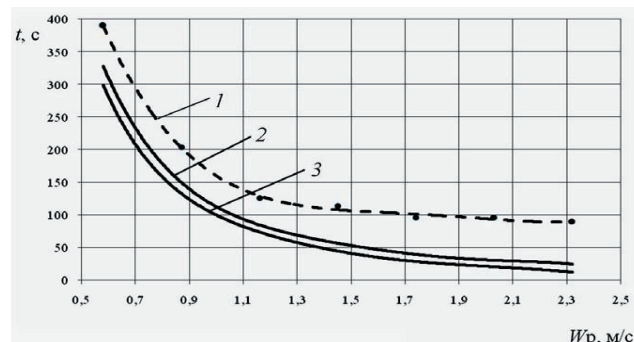


Рис. 2. Графік залежності часу змішування від лінійної швидкості обертання роторів: 1 – за даними промисловості; 2 – розрахункова залежність за традиційною методикою; 3 – розрахункова залежність з урахуванням осьового руху композиції

На рис. 3 наведено вплив зміни показника степені реологічного рівняння на потужність, яка затрачається на змішування під час оброблення гумової суміші шинного виробництва.

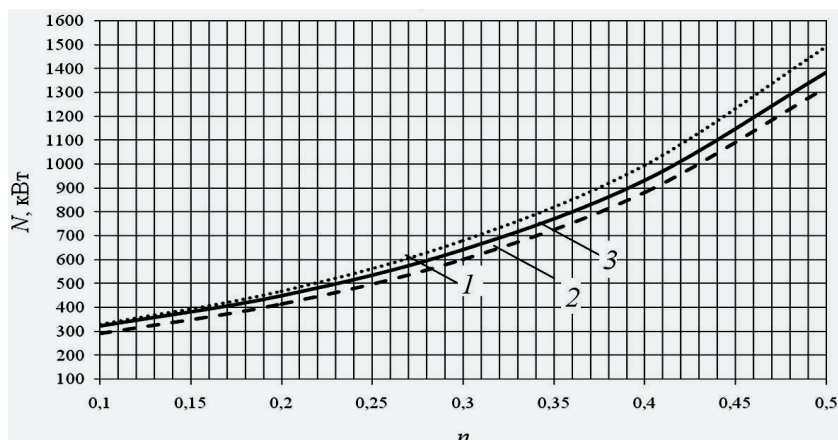


Рис. 3. Графік залежності потужності від показника степеня реологічного рівняння: 1 – за даними промисловості; 2 – розрахункова залежність за традиційною методикою; 3 – розрахункова залежність з урахуванням осьового руху композиції

З рис. 3 видно, що потужність N , визначена за пропонуваною методикою, трохи більша за визначену за традиційними методиками, що можна пояснити додатковим внеском у загальну деформацію зсуву складової, що враховує осьовий рух композиції. У той же час розрахована потужність змішування в обох випадках менша за значення, отримані у виробничих умовах, проте характер зміни розрахованої потужності змішування повністю відповідає практичним даним.

Різницю теоретичних та експериментальних даних можна пояснити тим, що на практиці враховують тертя валів роторів в ущільненнях, а також втрати потужності в редукторі, тому збільшують потужність необхідну для змішування.

Аналіз залежності потужності привода N від показника степеня n реологічного рівняння і величини мінімального проміжку h_{gr} між гребенем ротора і стінкою змішувальної камери змішувача (рис. 4) показує, що потужність зростає зі збільшенням степеня реологічного рівняння, а також зі зменшенням величини зазначеного проміжку.

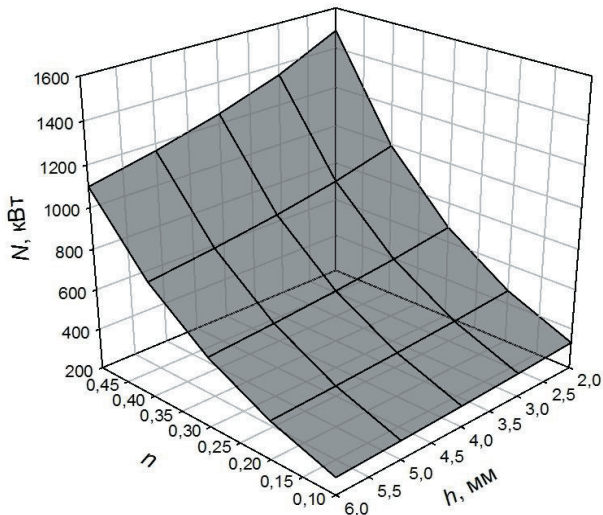


Рис. 4. Залежність потужності привода від показника степеня реологічного рівняння й ширини проміжку між стінкою змішувальної камери і гребенем ротора змішувача

Слід зазначити, що за показника степеня реологічного рівняння, меншого від 0,1, незалежно від величини мінімального проміжку споживана потужність майже не змінюється.

Узагальнюючим показником впливу параметрів змішування на енергоємність процесу є робота, витрачена для змішування 1 кг матеріалу за час приготування композиції (тобто питома робота змішування). Зміна величини виконаної роботи наведена на рис. 5.

За умови збільшення величини мінімального проміжку робота змішування також зростає. Це можна пояснити тим, що при збільшенні величини мінімального проміжку зсувні напруження в ньому зменшуються, отже для накопичення композицією оптимальної величини загальної деформації зсуву потрібно більше часу, що і призводить до зростання роботи змішування.

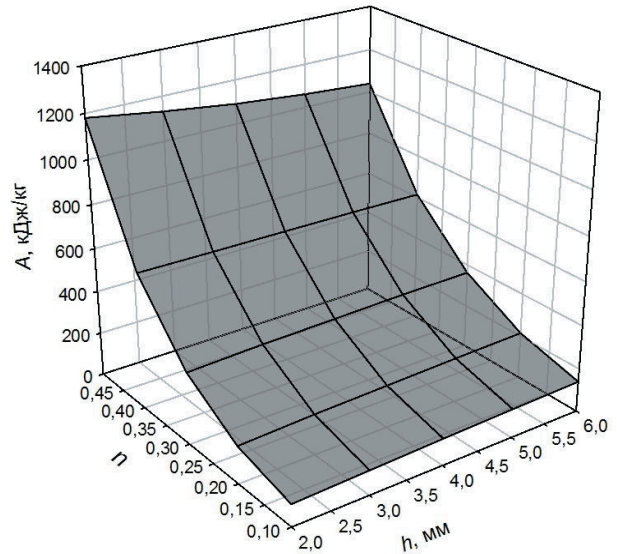


Рис. 5. Залежність питомої роботи змішування від показника степеня реологічного рівняння і величини мінімального проміжку

Продуктивність змішувача залежить від тривалості циклу змішування. Оскільки час допоміжних операцій (завантаження компонентів суміші, вивантаження готової композиції) зазвичай визначається конструкцією змішувача, то зменшити тривалість циклу змішування можливо лише за рахунок зменшення безпосередньо часу змішування. На рис. 6 показано графік залежності тривалості змішування від швидкості обертання швидкохідного ротора й величини мінімального проміжку. Як видно з рис. 6, впливати на тривалість змішування доцільно в першу чергу за рахунок збільшення швидкості обертання роторів.

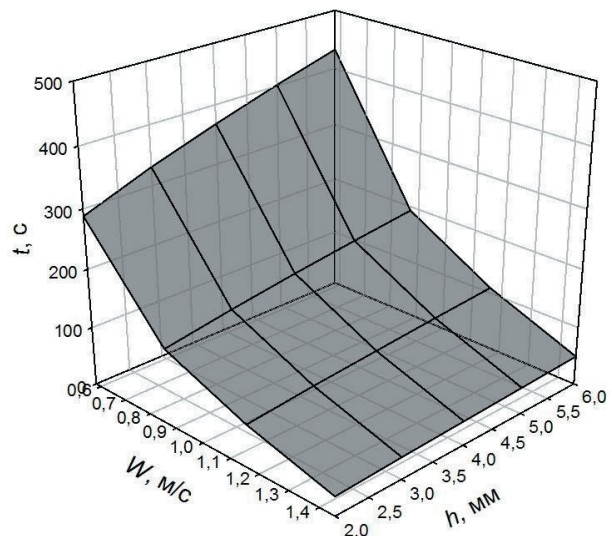


Рис. 6. Графік залежності часу змішування від швидкості обертання швидкохідного ротора та величини мінімального проміжку

У результаті експлуатації змішувача проміжок між гребенем ротора і стінкою змішувальної камери внаслідок їх зношування поступово збільшується, тому з

урахуванням величини потужності, що споживається приводом роторів, можна контролювати величину мінімального проміжку. Корегуванням же швидкості обертання роторів можна забезпечити раціональний режим процесу змішування [8].

Висновки

Проведений аналіз числового моделювання дозволяє зробити такі висновки:

– у швидкохідних змішувачах стирання гребеня ротора має значний вплив на ефективність та час процесу змішування;

– при показниках степеня реологічного рівняння більше за 0,25 і за умови підвищених швидкостей обертання роторів потужність привода роторів зростає, а за умови зменшених швидкостей значно зростає тривалість змішування;

– за рахунок контролю потужності привода роторів можна визначати величину зносу робочих органів змішувача безпосередньо під час його експлуатації без потреби розбирання конструкції, а отже прогнозувати час до планового ремонту.

Подальші дослідження процесу змішування композиційних матеріалів будуть пов'язані з експериментальними дослідженнями, як у лабораторних, так і в промислових умовах.

Література

1. Рябинин Д. Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
2. Торнер Р. В. Оборудование заводов по переработке пластмасс : учеб. пособие [для студентов вузов] / Р. В. Торнер, М. С. Акутин. – М.: Химия, 1986. – 400 с.
3. Переработка каучуков и резиновых смесей (реологические основы, технология, оборудование) / Е. Г. Вострокнутов, М. И. Новиков, В. И. Новиков, Н. В. Прозоровская. – [изд. 2-е, перераб.]. – М.: Максипресс, 2005. – 369 с.
4. Ступаченко О. Г. Построение математической модели периодического процесса изготовления резиновых смесей / О. Г. Ступаченко, А. Я. Пухов, К. Г. Бебрис // Каучук и резина. – 1971. – № 7. – С. 18–20.
5. Вознюк В. Т. Енергосилові параметри процесу приготування псевдопластичних композицій у змішувачі з овальними роторами / В.Т. Вознюк, І. О. Мікульонок, Л. Б. Радченко // Наукові праці ОНАХТ. – 2007. – Вип. 30, Т. 1. – С. 68–74.
6. Мікульонок І. О. Визначення потужності привода змішувача з овальними роторами для одержання пластмас і гумових сумішей / І. О. Мікульонок // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 5. – С. 83–87.
7. Мікульонок І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини: монографія / І. О. Мікульонок. – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2009. – 265 с.
8. Пат. 50584 У Україна, МПК9 В29В 7/00. Спосіб визначення величини зносу робочих органів змішувача з овальними роторами / І. О. Мікульонок, В. Т. Вознюк, М. В. Кваша; заявники і патентовласники – вони же. – № u201000655; заявл. 22.01.10; опубл. 10.06.10, Бюл. № 11.