

УДК 678.057.2

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ВАЛЬЦЮВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ І ГУМОВИХ СУМІШЕЙ

І.О. Мікульонок, д.т.н.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Досліджено залежність енергетичних параметрів процесу безперервного вальцювання псевдопластичних матеріалів залежно від величини міжвалкового проміжку і коефіцієнта фрикції в ньому. Аналіз зроблено для випадків розміщення вальцьованого матеріалу як на передньому (тихохідному), так і на задньому (швидкохідному) валках вальців.

Одним з підготовчих процесів перероблення полімерних матеріалів і гумових сумішей, що визначають якість одержуваних виробів є вальцювання – процес багаторазового продавлювання формувальної суміші крізь проміжок між двома паралельними зустрічно обертовими валками, що приводить до її розігрівання, перемішування й гомогенізації [1].

Одночасне введення в міжвалковий проміжок полімеру або каучуку й різних твердих і рідких інгредієнтів дає можливість одержувати якісну суміш, яка в результаті регулювання температур валків і їх швидкостей прилипає до одного з них [2]. Прилипання суміші зазвичай здійснюється до більше гарячого валка, а у випадку однакових температур валків – до більш швидкохідного з них.

Класифікацію вальців здійснюють за рядом характерних конструктивних або технологічних ознак [3], при цьому однією з основних характеристик вальців є фрикція – відношення колових швидкостей суміжних валків (зазвичай фрикція f – це відношення колових швидкостей швидкохідного й тихохідного валків; значення фрикції не менше одиниці. Величину, обернену фрикції, називають коефіцієнтом фрикції ϕ [4]).

Цикл перемішування на вальцях періодичної (циклічної) дії залежить від реологічних і теплофізичних характеристик перероблюваної суміші й закінчується за умови досягнення певного ступеня її гомогенності. На більш продуктивних вальцях безперервної дії час вальцювання залежить від швидкостей валків, відстані між місцем завантаження матеріалу й місцем відбору його на наступну стадію перероблення (наприклад, каландрування), ширини безперервної стрічки,

що знімають з вальців, а також валка, на якому перебуває вальцьований матеріал.

Завантаження вихідної суміші на вальці безперервної дії зазвичай здійснюють з одного торця бочки валка, а відбір – з іншого. У деяких випадках завантаження вихідної суміші на вальці здійснюють з обох торців валка, а відбір – посередині, або завантаження в центрі валка, а відбір – з обох його торців. Знімання готової композиції у вигляді безперервної стрічки, підрізування якої здійснюють спеціальними ножами, зазвичай знімають у бік механізму регулювання величини межвалкового проміжку вальців.

На рис. 1 представлено схему роботи вальців безперервної дії, завантаження яких здійснюють з одного краю валків, а відбір – з протилежного. Ця схема вальцювання, на відміну від інших, забезпечує максимальний час вальцювання, а отже і найбільшу якість одержуваної композиції. Після виходу з міжвалкового проміжку на ділянці завантаження вальцьована суміш покриває один з валків: передній (тихохідний) (див. рис. 1,а) або задній (швидкохідний) (див. рис. 1,б) і знову повертається в міжвалковий проміжок, розтікаючись вздовж нього. Далі ця послідовність дій повторюється. На кожному оберті суміш, просувається по спіралі до місця знімання її з вальців у вигляді безперервної стрічки, яку подають на наступну стадію перероблення.

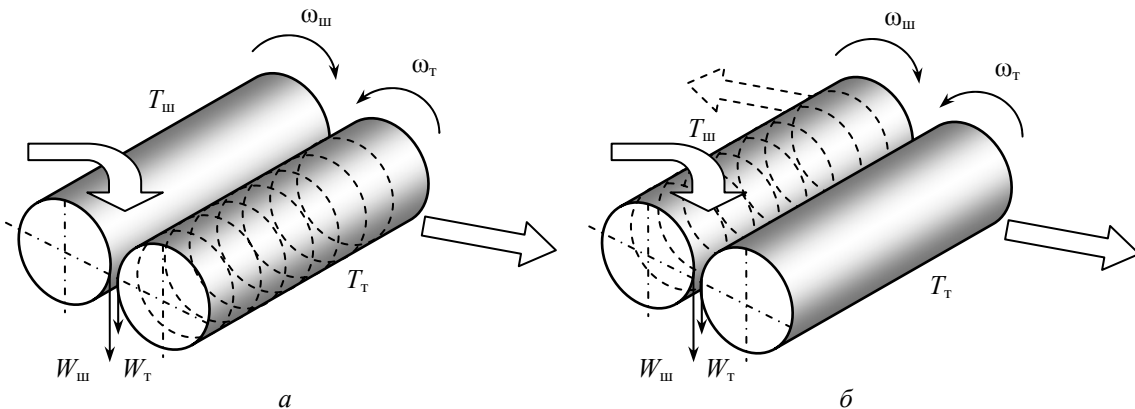


Рис. 1. Схема безперервного вальцювання з відбиранням стрічки матеріалу з тихохідного (а) і зі швидкохідного (б) валка:

ω_w, ω_m – кутова швидкість швидко- і тихохідного валка; W_w, W_m – лінійна швидкість швидко- і тихохідного валка; T_w, T_m – температура швидко- і тихохідного валка (стрілками показано варіанти завантаження й знімання композиції)

Таким чином, при безперервному вальцюванні матеріал послідовно проходить ділянки міжвалкового проміжку, які чергуються із зонами контакту суміші з нагрітим до певної температури валком з одного боку та оточуючим середовищем з іншого. При цьому температура матеріалу поступово збільшується. З метою інтенсифікації змі-

шування прагнуть до збільшення кількості проходів суміші крізь проміжок, однак при цьому знижується продуктивність вальців і зростає небезпека термодеструкції компонентів суміші.

Для додаткової гомогенізації оброблюваної суміші, підвищення її якості та експлуатаційних властивостей вальці забезпечують підрізними або перемішувальними пристроями. Ступінь деформації суміші в проміжку можна змінювати регулюванням міжвалкового проміжку або колових швидкостей валків.

У міжвалковому проміжку поблизу поверхні валка матеріал рухається майже паралельно їй, при цьому поверхня валка є граничною лінією струму. На вході в проміжок має місце циркуляція матеріалу у так званому обертовому запасі, вільна поверхня якого з достатнім ступенем точності має циліндричну форму [5]. При цьому на поверхні обертового запасу часто спостерігаються викиди, розриви й відшарування окремих ділянок.

Як показує промислова експлуатація вальців, інтенсифікувати процес вальцювання можна в першу чергу регулюванням величини міжвалкового проміжку $2H_0$, коефіцієнта фрикції ϕ , а також розміром обертового запасу на вході в міжвалковий проміжок.

Аналіз інтенсифікації процесу безперервного вальцювання за рахунок регулювання величини міжвалкового проміжку й коефіцієнта фрикції в ньому було здійснено для змішувально-підігрівальних вальців ВПСм-Пд 2400 (850×850)Л, що входять до складу лінії для виробництва рулонних матеріалів ЛПРМ 1800-10М виробництва ВАТ «НВП „Більшовик”», м. Київ. Діаметр бочки кожного валка 850 мм, а її довжина – 2400 мм. Базове значення фрикції – 1,6 (коефіцієнт фрикції 0,625). Розрахунки здійснювали для лінолеумної композиції на основі полівінілхлориду за умови максимальної лінійної швидкості швидкохідного валка 50 м/хв, початкової температури вихідної композиції 150 °С, температури валка, на якому перебуває вальцьована композиція – 155 °С, і температури валка, вільного від вальцьованої композиції – 150 °С.

Як видно з рис. 2–4, вальцювання з перебуванням суміші на швидкохідному валку забезпечує не лише меншу температурну неоднорідність композиції, а і трохи меншу енергоємність процесу.

Зменшення коефіцієнта фрикції за умови збереження інших параметрів вальцювання істотно інтенсифікує процес розігрівання композиції, однак при цьому збільшується і енергоємність процесу (рис. 5–7).

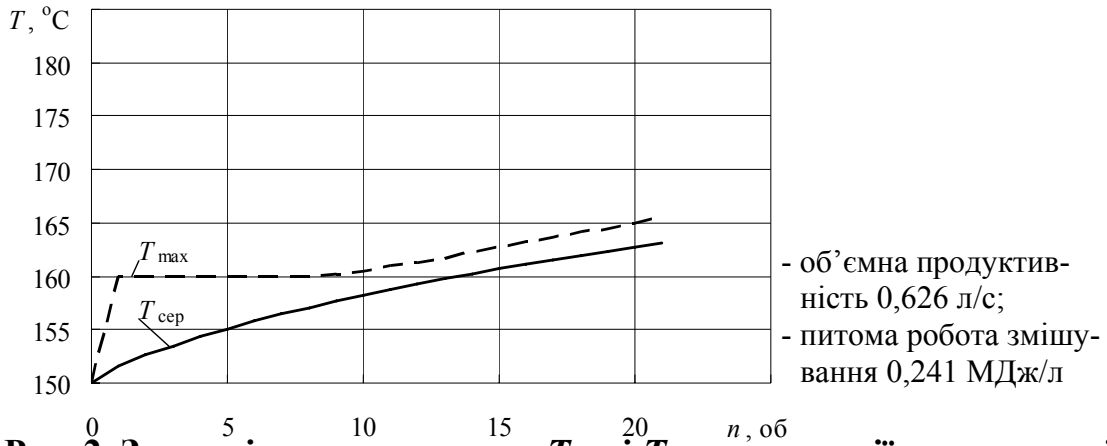


Рис. 2. Залежність температури T_{\max} і $T_{\text{сep}}$ композиції на швидкохідному валку від кількості проходів n композиції: $f=1,6$;

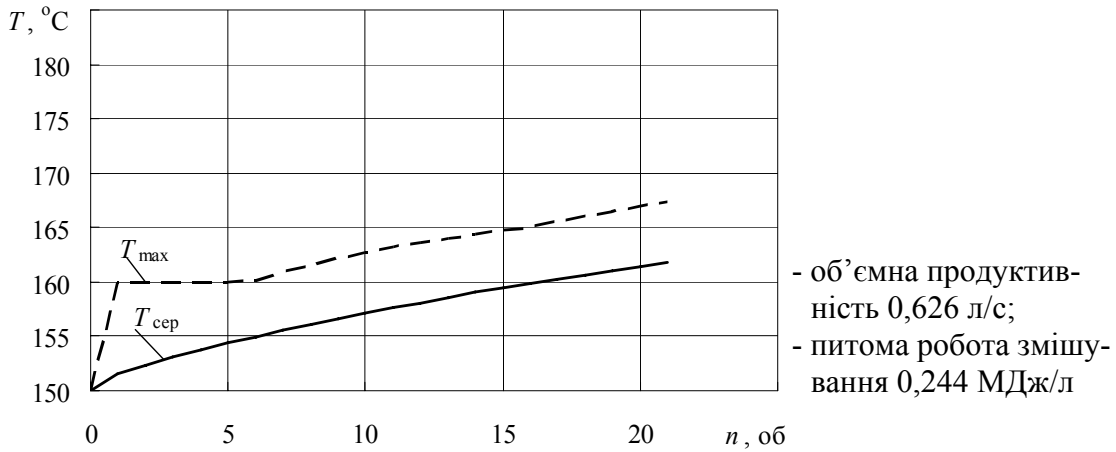


Рис. 3. Залежність температури T_{\max} і $T_{\text{сep}}$ композиції на тихохідному валку від кількості проходів композиції: $f=1,6$; $2H_0=0,008$ м.

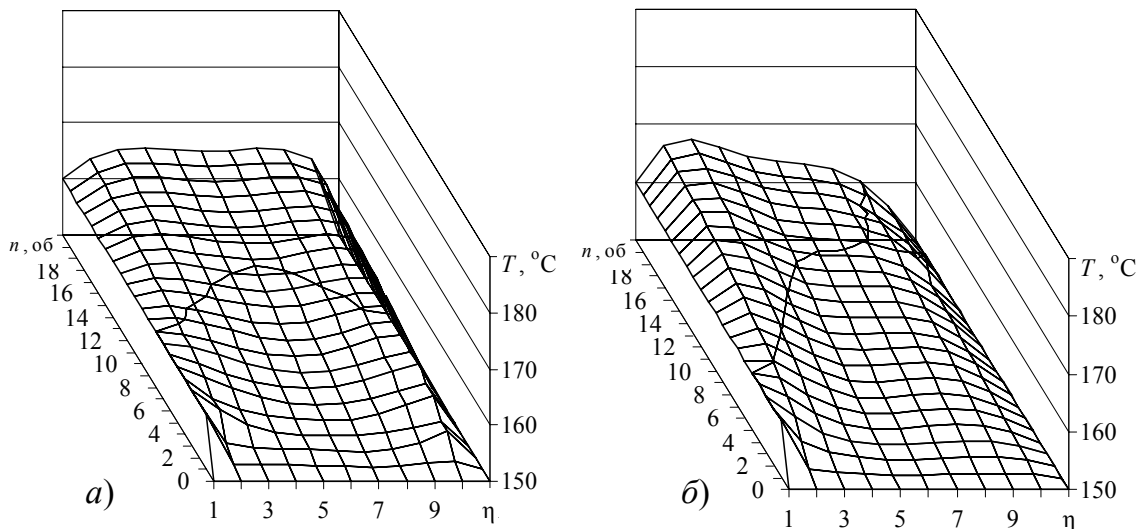


Рис. 4. Температурне поле композиції на виході з міжвалкового проміжку на швидкохідному а) та на тихохідному б) валку: $f=1,6$; $2H_0=0,008$ м (n – номер проходів композиції; η – безрозмірна координата)

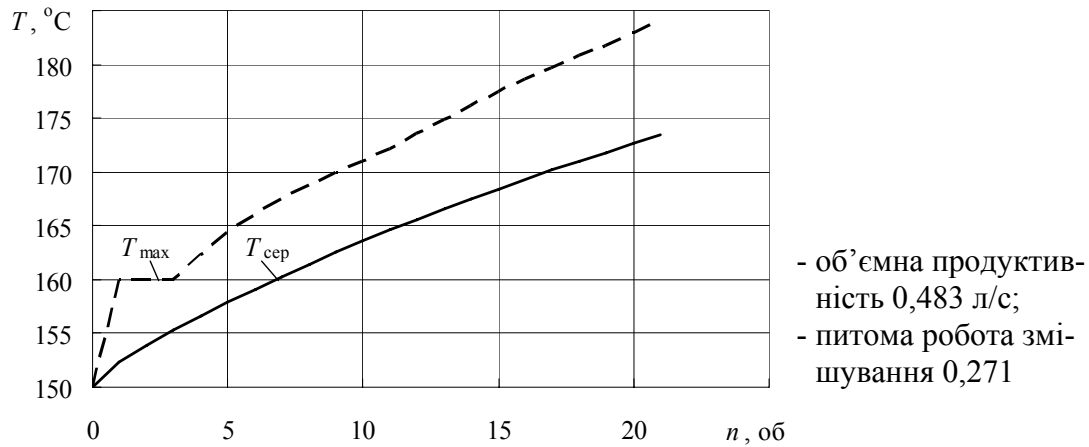


Рис. 5. Залежність температури T_{\max} і $T_{\text{сep}}$ композиції на швидкохідному валку від кількості проходів композиції: ($f=4,0$; $2H_0=0,008$ м)

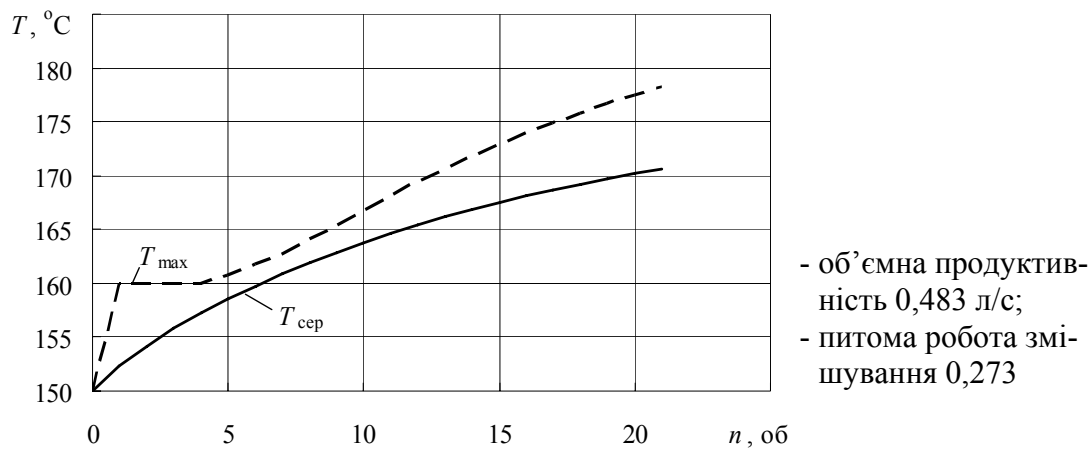


Рис. 6. Залежність температури T_{\max} і $T_{\text{сep}}$ композиції на тихохідному валку від кількості проходів композиції: ($f=4,0$; $2H_0=0,008$ м)

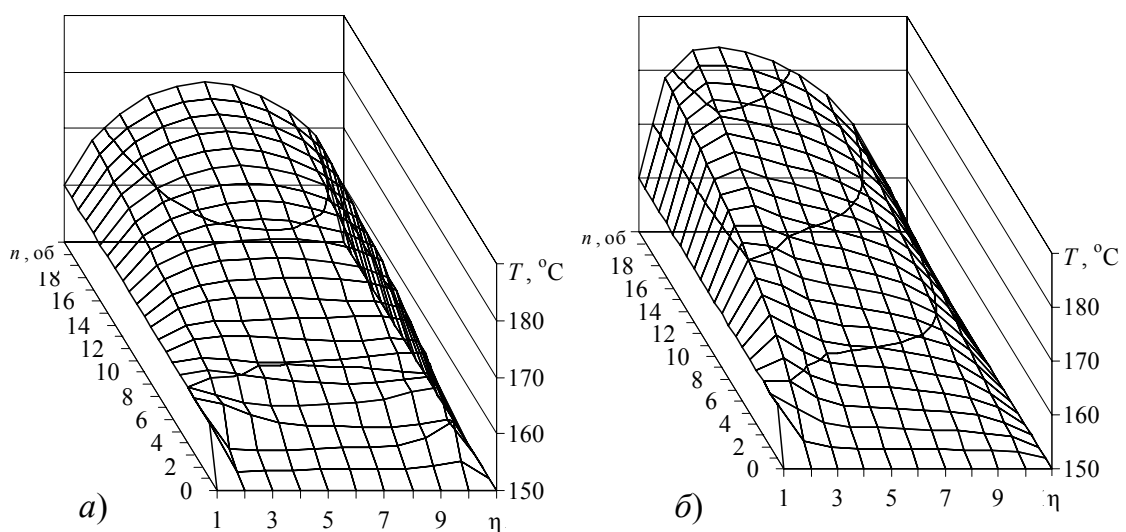


Рис. 7. Температурне поле композиції на виході з міжвалкового проміжку на швидкохідному а) та на тихохідному б) валку: $f=4,0$;

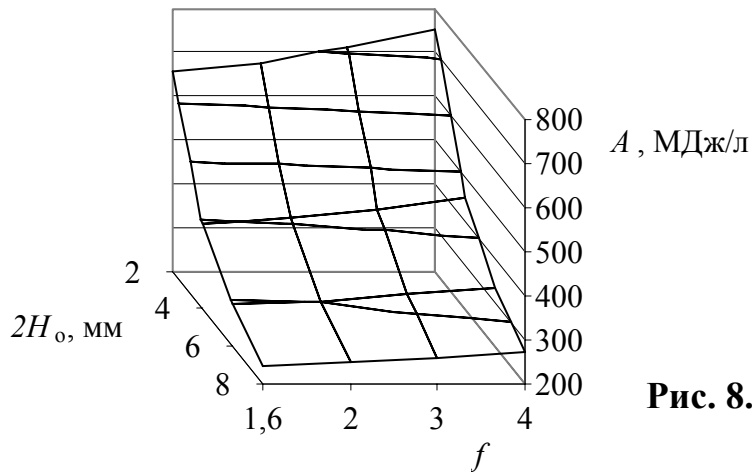


Рис. 8. Питома робота вальцювання на вальцях

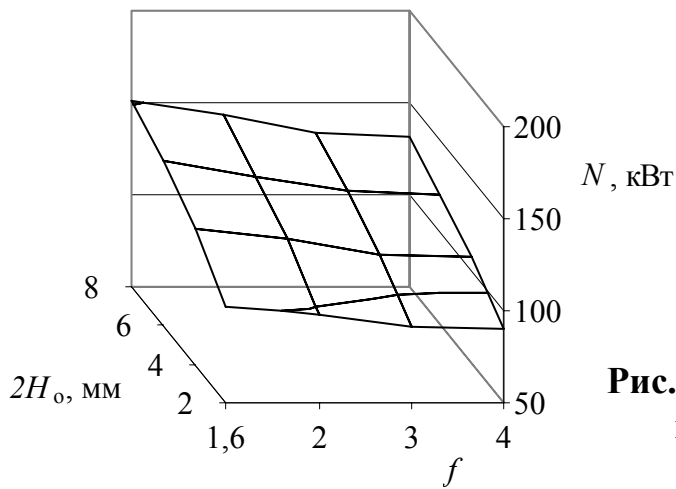


Рис. 9. Потужність урухомника вальців Ø850×2400 мм

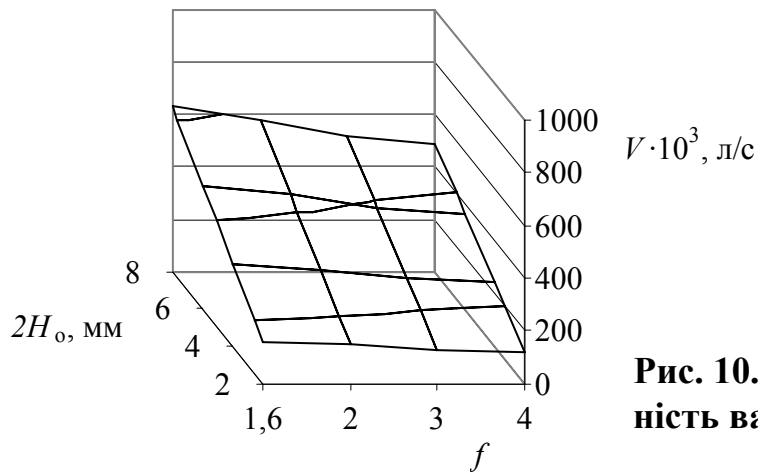


Рис. 10. Об'ємна продуктивність вальців Ø850×2400 мм

На рис. 8 наведено залежність питомої роботи вальцювання під час перебування композиції на швидкохідному валку, на рис. 9 – потужність, що споживається урухомником валків, а на рис. 10 – об'ємна продуктивність вальців (за умови знімання з вальців безперервної стрічки завширшки 0,1 м. Як видно з наведених рисунків, питома робота вальцювання збільшується зі зростанням фрикції і більш суттєво – зі зменшенням величини міжвалкового проміжку (останній факт пов'язаний зі зменшенням продуктивності при незначному зме-

ншенні загальної потужності вальцювання). При цьому потужність, споживана урухомником валків, а також об'ємна продуктивність вальців зменшуються зі зростанням фрикції і збільшуються зі зростанням величини міжвалкового проміжку.

Висновки

Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що більш ефективним за інших однакових умов є режим вальцювання за умови перебування вальцьованої композиції на швидкохідному валку при значенні коефіцієнта фрикції не менше від 0,5 (значенні фрикції не більше за 2,0). При цьому забезпечується більша температурна однорідність композиції, більш сприятливі температурні умови вальцювання, а також менша енергоємність.

Бібліографічний перелік

1. Мікульонок І.О., Радченко Л.Б. Полімерні композитні матеріали й вироби з них. Одержання, перероблення та властивості: термінологічний словник. К.: ІВЦ «Видавництво "Політехніка"», 2005. 179 с.
2. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д., Метлов Б.Н. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. М.: Машиностроение, 1967. 296 с.
3. Каландрування полімерних матеріалів і гумових сумішей. Огляд методів і конструктивного оформлення / І.О. Мікульонок, Ю.Ю. Лукач, С.І. Кулініч, О.О. Кудренко // Хімічна промисловість України. 2009. № 4. С.39–46.
4. Мікульонок І.О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини : монографія. К.: НТУУ «КПІ», 2009. 264 с.
5. Исследование геометрической формы и линейной скорости свободной поверхности вращающегося запаса при каландровании полимеров / Л.И. Ружинская, И.О. Микулёнок, В.Г. Календюк // Хим. машиностроение : респ. межвед. научн.-техн. сб. К.: Техніка, 1989. Вып. 50. С. 26–29.