

## РЕСУРСО-ЕНЕРГООЩАДНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ

Швед М.П., канд. техн. наук, доц., Швед Д.М., інж., Овчарук І.І., магістрант  
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ

*В статті проведений аналіз процесів екструзії та запропонована схема каскадного дисково-шестеренного екструдера в лінії для виробництва полімерної плівки.*

*The article analyzed the extrusion process and the proposed scheme cascade of disk-cogwheel extruder in the production line of plastic film.*

Ключові слова: екструзія, полімерна плівка, каскадний дисково-шестеренний екструдер, продуктивність.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день основною сировиною для виробництва полімерної плівки є поліолефіни (поліетилен і поліпропілен), які займають ключові позиції (63%) у загальному обсязі виробництв полімерів, який за 2014 р. становив майже 220 млн. т. При цьому доля поліетилену склала 70,1 млн. т, а поліпропілену 39,1 млн. т. Статистичний аналіз показав, що поліолефіни відносяться до полімерів які найширше використовуються в світовій практиці і з кожним роком прогнозується зростання їх обсягів на 3-4 %. На рисунку 1 показані прогнози росту загального ринку полімерів на 2016 рік [1].

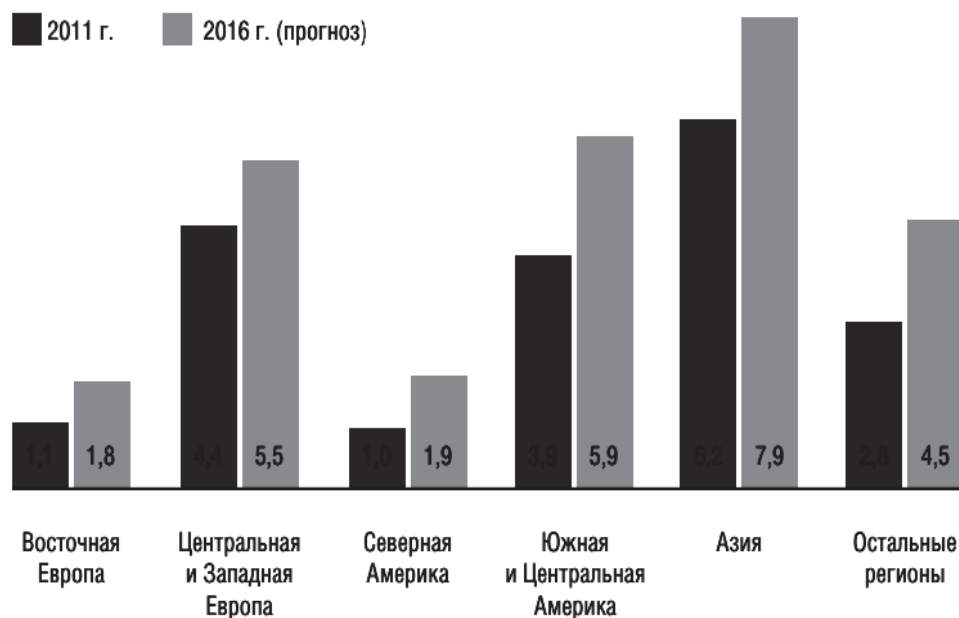


Рис. 1 – Темпи росту ринку полімерів, %.

Такі обсяги виробництва та переробки полімерних матеріалів вимагають від виробників створювати нові економічні високопродуктивні машини для переробки пластичних мас.

Останніми десятиліттями основна увага при створенні екструзійних процесів приділялась підвищенню продуктивності на якій базувались основні порівняльні питомі показники обладнання, а саме: кількість енергії, маса обладнання, площі які припадають на одиницю продуктивності. Одним із варіантів покращення цих показників є підвищення якості процесів, а особливо стабілізація продуктивності.

Найпоширенішим методом виробництва полімерних плівок є екструзія, яка базується в основному на одночерв'ячних екструдерах, де один робочий орган – черв'як, одночасно виконує процеси живлення, стискання, плавлення, змішування, створення тиску та дозування розплаву. Недоліком одностадійних черв'ячних екструдерів є прив'язка усіх процесів один до одного, тому недосконалість якогось із них призводить до зміни параметрів інших, що значно ускладнює керування ними і можливість їх оптимізації. Також при переробці полімерів все частіше використовуються композиційні матеріали, наповнювачі, барвники, легуючі добавки, які суттєво змінюють фізико-механічні характеристики сировини. Саме тому

доцільно використовувати більш універсальне обладнання для переробки – каскадні екструдери, які характеризуються кращими питомими показниками та ширшою номенклатурою перероблюваних матеріалів. В таких екструдерах процес переробки розділений на окремі операції з можливістю автономного керування. Це дозволяє встановлювати раціональні режими роботи виділених операцій при якісному веденні всього технологічного процесу.

До основного недоліку існуючих технологічних ліній для виробництва полімерних плівок відносять поперечну та поздовжню різновтовщинність плівки, яка виникає через пульсації продуктивності в зоні дозування. Це призводить до встановлення завищених допусків на товщину плівки і, відповідно, до перевитрати сировини, яка в більшості одночерв'ячних екструдерів може сягати 5-8 % [2]. Усунення пульсацій продуктивності дало б змогу зменшити допуски на товщину плівки, що призвело б до суттєвої економії полімеру і енергії, а також знизило б навантаження на екологію, за рахунок зменшення кількості сировини яка потребує утилізації [3].

**Цілі статті.** Метою статті є аналіз та шляхи вирішення проблеми перевитрат сировини та енергії при виробництві полімерної плівки.

**Виклад основного матеріалу.** Відомо, що на продуктивність і якість процесів, які відбуваються в екструдері впливає (рисунок 2) гранулометричний склад сировини, нестабільність швидкості обертання черв'яка, коливання температури, зміна в'язкості розплаву і тиску в середині апарата. Нестабільність останніх призводить до пульсації тиску і продуктивності. Для отримання виробів високої якості необхідно, щоб робота екструдера і процеси, які проходять в ньому, були стабільними і протікали в оптимальному режимі [3]. Для вирішення проблеми може бути використана схема каскадного екструдера з використанням дозуючого шестеренного насоса, який встановлюється між екструдером та формуючим інструментом [4].

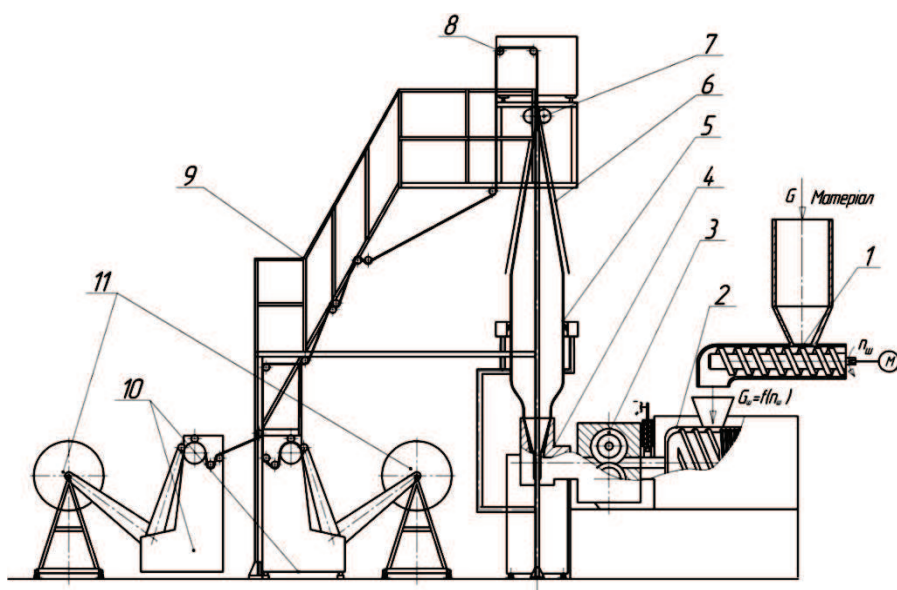


Рис. 2 – Схематичне представлення проблеми пульсації продуктивності в класичному черв'ячному екструдері та в екструдері з шестеренним насосом.

З метою створення ресурсо-енергоощадного процесу виробництва плівки, на кафедрі МАХНВ НТУУ «КПІ» була створена експериментальна лінія для виробництва полімерної плівки на базі каскадного дисково-шестеренного екструдера, схема якої зображена на рисунку 3 [5].

На першій стадії переробки полімеру використовується дисковий екструдер, що працює в режимі неповного завантаження де реалізується дисперсійна модель плавлення, яка у 4-5 разів ефективніша за класичну модель плавлення Тадмора і полягає у тому, що частинки полімеру дисперговані в розплаві. Проведені дослідження показали, що температура при такому процесі плавлення більш однорідна і низька, є можливість зменшення довжини зони плавлення, а витрати енергії зменшуються до 30 %.

На другій стадії використовується об'ємний шестеренний насос, який встановлюється між дисковим екструдером і формуючою головкою. Насос виконує подвійну роль, по перше відсікає всі попередньо можливі флуктуації в процесах, по друге створює високий тиск забезпечуючи жорстку напірну характеристику та рівномірну подачу розплаву, при цьому перевитрати сировини і енергії не перевищують 1% від номінально запланованих.



1 – дозатор сировини; 2 – екструдер дисковий; 3 – насос шестеренний; 4 – формуюча головка; 5 – кільце охолодження; 6 – складальні пластини; 7 – тягучі валки; 8 – обвідні валки; 9 – естакада; 10 – маніпуляційні станки; 11 – прийомні станки.

**Рис. 3 – Технологічна лінія для виробництва рукавної плівки**

Застосування такої каскадної схеми в лінії для виробництва плівки дозволяє гнучко керувати процесом екструзії і встановлювати оптимальні режими операцій. Плавлення і гомогенізація в такому екструдері відбуваються за високих швидкостей зсуву й відносно невеликих тисків з можливістю регулювання термомеханічного навантаження на розплав завдяки можливості зміни швидкості обертання черв'ячно-дискової частини. В дисковій зоні відбувається кероване диспергуюче перемішування завдяки можливості зміни величини робочого зазору при сталій продуктивності. Каскадна схема екструзії дозволяє за рахунок оптимізації процесів і можливості перерозподілу потужності між каскадами збільшити продуктивність на 50-100 % з одночасним підвищенням якості продукції і покращенням питомих показників на 20-30 %. Застосування шестеренного насоса для створення тиску і дозування розплаву дозволяє за рахунок зменшення допусків на геометричні розміри заощадити до 8% полімеру.

**Висновки.** Таким чином застосування каскадного дисково-шестеренного екструдера в лінії для виробництва полімерної плівки призведе до покращення техніко-економічних показників лінії за рахунок гнучкого керування, можливості оптимізації окремих процесів, а також дозування розплаву за допомогою шестеренного насоса з жорсткою напірною характеристикою.

#### Література

1. Сайт Реал Пресс [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://real-press.com/article.php?aid=205>
2. Кузьміна В.О. Дослідження продуктивності шестеренного насоса в лінії для виробництва рукавної плівки / В.О. Кузьміна, Я.М. Корнієнко, М.П. Швед, Д.М. Швед // Наук. Праці Одеської нац. академії харч. технологій. – 2010. – Т.36.
3. Раувендааль К. Экструзия полимеров / К. Раувендааль, М. д. ПиларНорьеге Е., Х. Харрис; Пер. с англ, под ред. В. П. Володина–СПб.: Профессия, 2008. – 850 стр.
4. Раувендааль К. Выявление и устранение проблем в экструзии / К. Раувендааль, М. д. ПиларНорьеге Е., Х. Харрис; Пер. с англ, под ред. В. П. Володина–СПб.: Профессия, 2008. – 328 стр.
5. Мурдід Н.В., Швед М.П., Мікульонок І.О., Швед Д.М., “Каскадно-шестеренний дисковий екструдер для переробки полімерних матеріалів”. “Наукові вісті КПІ №2009/2” – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – с. 74-77