

2. Балицкий Ф. Я. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов [Текст] / Ф. Я. Балицкий. — М.: Наука, 1984. — 129 с.
3. Вибрация энергетических машин [Текст] / Н. В. Григорьева. — Л.: Машиностроение, 1983. — 464 с.
4. Карасев В. А. Доводка эксплуатируемых машин: Вибродиагностические методы [Текст] / В. А. Карасев. — М.: Машиностроение, 1986. — 192 с.
5. Каталог приборов для анализа звука, вибраций и обработки данных [Текст]: каталог. — Нэрум — Дания, фирма «Брюль и Кьер», 1989—90 гг.
6. Клюева В. В. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара [Текст] / В. В. Клюева. — М.: Машиностроение, 1978. — Кн. 1. — 448 с. — Кн. 2. — 439 с.
7. Ширман А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования [Текст] / А. Р. Ширман. — М.: Издательский центр «Академия», 1996. — 317 с.

*Запропонована модель для розрахунку технологічних параметрів формування виробів складного поперечного перерізу з ПВХ, з розбивкою формуючого каналу на сегменти однотипного перетину. Складено рівняння для розрахунку модернізації існуючої конструкції.*

*Ключові слова:* погонажні ПВХ вироби, екструдер, профілюючий інструмент.

*Предложена модель для расчёта технологических параметров формования изделий сложного поперечного сечения из ПВХ, с разбивкой формующего канала на сегменты однотипного сечения. Составлены уравнения для расчёта модернизации существующей конструкции.*

*Ключевые слова:* погонажные ПВХ изделия, экструдер, профилирующий инструмент.

*A model for the calculation of technological parameters of formation the products of complex cross-section of PVC are offered, by molding the channel into segments consistency of the section. The equations for calculating the modernization of the existing design are being composed.*

*Keywords:* molding PVC items, extruder, profile die.

УДК 678.027.3

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ У ФОРМУЮЧОМУ ІНСТРУМЕНТІ ПРИ ФОРМУВАННІ КУТКОВОГО ПРОФІЛЮ

**Г. М. Коваленко**

Кандидат технічних наук

Директор, ТОВ НВП «ІНККОС»

вул. Любецька, 33, м. Чернігів, Україна, 14000

Контактний тел.: (0462) 65-15-26, 050-313-09-21

E-mail: inkos.ua@gmail.com

**К. Г. Коваленко**

Магістр

Кафедра машин та апаратів виробництв хімічних волокон і текстильної промисловості

Чернігівський державний технологічний університет

Контактний тел.: 050-959-78-82

E-mail: ksushka.ua@gmail.com

### Вступ

Математичне моделювання процесу екструзії у формуючому інструменті є засобом аналізу технології виробництва на предмет її можливої модернізації. Актуальність дослідження процесів екструзії, а саме, дослідження процесу формування профілів ПВХ, обґрунтована значним розширенням переліку виробів, які отримують методом екструзії жорсткого ПВХ.

Інженерна практика пропонує для різних полімерів цілий ряд параметрів, які визначають оптимальні параметри процесу екструзії профільних виробів. Ефективність роботи лінії екструзії залежить від співвідношення типорозміру екструдера і поперечного перетину отриманого виробу, який визначає величину протитиску в екструдері. Типорозмір екструдера безпосередньо визначає продуктивність процесу пластикації полімеру. З іншого боку слід враховувати перетин формуючого інструменту,

який у свою чергу визначає робочий діапазон формування виробу.

### Постановка задачі

Метою моделювання є складення та обґрунтування математичної моделі екструзії полімеру з врахуванням властивостей екструдера та формуючого інструменту. Розглянуто роботи авторів теоретичних робіт [1, 2, 3, 4], які рекомендують різні формули та підходи для розрахунку технологічних параметрів профілюючого інструменту та дослідження деяких проблем, які виникають при проектуванні головок для екструзії профільних виробів.

Складна форма поперечного перетину істотно ускладнює граничні умови. Більш того, перетин профілюючої щілини може мінятися по ширині головки відповідно до профілю екструдованого виробу, внаслідок чого зростає

вірогідність виникнення поперечного перепаду тисків і появи компонент швидкості в поперечному напрямі. Математичне дослідження течії в каналах некруглого перетину, засноване на використанні рівнянь стану, які, справедливі лише для віскозиметричної течії, зможе дати лише якісну картину.

За основу моделювання процесу екструзії в профілюючому інструменті була взята робота Торнера Р. В. [3].

Предметом моделювання є процес екструзії при формуванні з ПВХ погонажних виробів куткових профілів типорозміру 50 × 50 мм.

На рис. 1 представлена 3D модель профілю простору всередині профілюючого інструменту для кутка 50 × 50 мм.

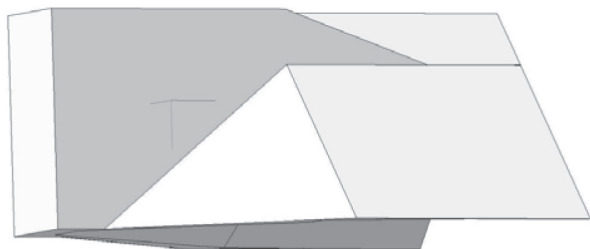


Рис. 1. 3D модель профілю кутка 50 × 50 мм

Для моделювання процесу екструзії у формуючому інструменті при формуванні куткового профілю, потрібно умовно розбити профіль простору всередині профілюючого інструменту для кутка (рис. 2) на три ділянки, дві з яких мають прямокутні канали щілинного типу та одну ділянку конусного типу. Для більш точного розрахунку ділянки конусного типу необхідно провести розбивку даної ділянки на три прямокутні ділянки — щілини. На рис. 2 представлена схема профілю простору всередині профілюючого інструменту для кутка з відповідним розбиттям профілю на ділянки.

Задамося геометричними параметрами для трьох ділянок профілю простору всередині профілюючого ін-

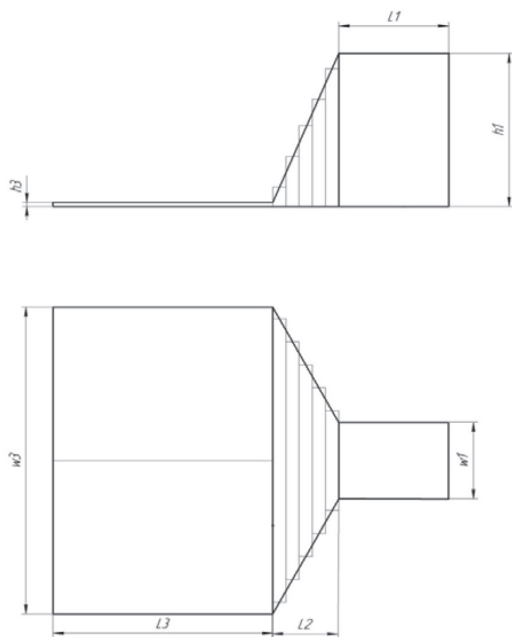


Рис. 2. Схема профілю простору всередині профілюючого інструменту для кутка

струменту для кутка, такими як висота, ширина та довжина. Також задамося поправкою на втрати входу полімеру та фільтрною витяжкою полімеру. Визначаємо діапазон основних технологічних параметрів формування для екструдера та профілюючого інструменту.

**Дослідження впливу геометричних параметрів  
конічної частини інструмента на площу  
поперечного перерізу**

Маючи геометричні параметри конусної ділянки щілинного типу, можна отримати залежності зміни висоти та ширини даної ділянки від її спільної довжини в наступному вигляді:

$$h(L) = h1 - k1 \cdot L;$$

$$w(L) = w1 + k3 \cdot L \cdot 2,$$

де L — довжина конусної ділянки щілинного типу; k1 — коефіцієнт, який враховує зміну висоти конусної ділянки від довжини і визначається як:

$$k1 = \frac{h1 - h2}{Lk},$$

де Lk — довжина конусної ділянки; k3 — коефіцієнт, який враховує зміну ширини конусної ділянки від довжини і визначається з формули:

$$k3 = \frac{w2 - w1}{Lk \cdot 2}.$$

Графічно дані залежності можна представити у вигляді рис. 3, на якому зображена зміна довжини конусної ділянки щілинного типу від висоти та ширини даної ділянки.

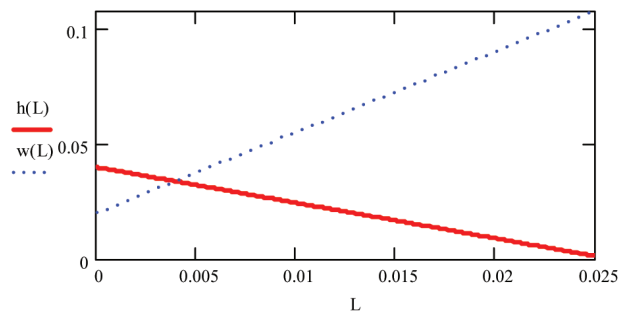


Рис. 3. Графік залежності зміни висоти та ширини конусної ділянки щілинного типу профілю простору всередині профілюючого інструменту для кутка 50 × 50 мм від довжини даної ділянки

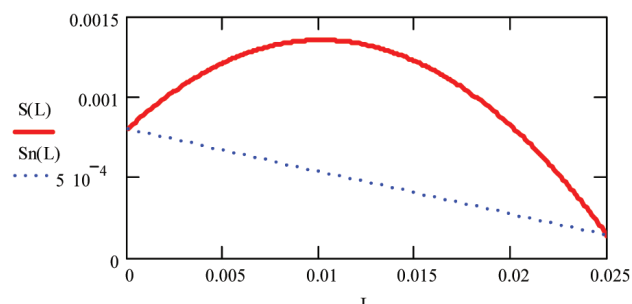
Зміну площини поперечного перерізу конусної ділянки всередині профілюючого інструменту в залежності від зміни висоти та ширини даної ділянки можна знайти з виразу:

$$S(L) = h(L) \cdot w(L). \tag{1}$$

Графічно зміну площини поперечного перерізу конусної ділянки від зміни висоти та ширини даної ділянки можна представити у вигляді графіку, представленим на рис. 4.

З приведенного рисунка видно, що зміна площини поперечного перетину конусної ділянки має криволінійний характер, це свідчить про те, що на даній ділянці буде

спостерігатись перепад швидкості течії полімеру та перепад тиску, що негативно відобразиться на продуктивності лінії.



**Рис. 4.** Графік залежності довжини конусної ділянки щілинного типу від площини поперечного перерізу нового та вихідного виконання даної ділянки

Використовуючи вираз (1) отримаємо нову залежність зміни площини поперечного перерізу конусної ділянки нового виконання:

$$S_n(L) = h_1 \cdot w_1 - k_s \cdot L,$$

де  $k_s$  — коефіцієнт, який враховує зміну висоти і ширини конусної ділянки від довжини і визначається:

$$k_s = \frac{w_1 \cdot h_1 - w_2 \cdot h_2}{Lk}.$$

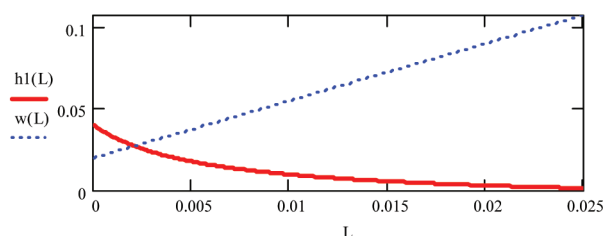
Зміна площини поперечного перерізу конусної ділянки нового виконання представлена на рис. 4 пунктирною лінією. Можна зробити висновок про те, що нове виконання зміни площини поперечного перерізу дасть кращі технологічні параметри процесу екструзії при проектуванні профілюючого інструменту.

Використовуючи геометричні параметри конусної ділянки щілинного типу та зміну площини поперечного перерізу нового виконання можна отримати нові залежності зміни висоти та ширини профілю простору всередині профілюючого інструменту для кутка з виразів:

$$h_1(L) = \frac{S_n(L)}{w(L)}; \tag{2}$$

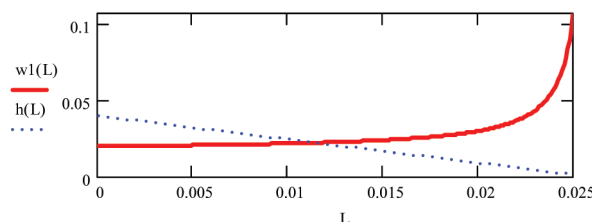
$$w_1(L) = \frac{S_n(L)}{h(L)}. \tag{3}$$

Вираз (2) дає можливість зобразити графічно зміну висоти конусної ділянки нового виконання при вихідному значенні ширини даної ділянки (рис. 5).



**Рис. 5.** Графік залежності довжини конусної ділянки щілинного типу від зміни висоти даної ділянки нового виконання

Вираз (3) дає можливість зобразити графічно зміну ширини конусної ділянки нового виконання при вихідному значенні висоти даної ділянки (рис. 6).



**Рис. 6.** Графік залежності довжини конусної ділянки щілинного типу від зміни ширини даної ділянки нового виконання

### Висновок

У результаті проведених досліджень, використовуючи залежності, представлені на рис. 5 і 6 та вирази (2)–(3), можна сконструювати вдосконалений профілюючий інструмент з новими геометричними параметрами, які дадуть змогу зменшити перепад швидкостей течії полімеру на конусній ділянці формуючого інструменту та перепад тисків, що забезпечить зростання продуктивності лінії.

### Література

1. Бернхардт Э. Переработка термопластичных материалов [Текст] / Э. Бернхардт. — М. : Химия, 1962. — 747 с.
2. Оборудование для переработки пластмасс [Текст] / под ред. В. К. Завгороднего. — М. : Машиностроение, 1976. — 407 с.
3. Торнер Р. В. Теоретические основы переработки полимеров [Текст] / Р. В. Торнер. — М. : Химия, 1977. — 462 с.
4. Тадмор З. Теоретические основы переработки полимеров [Текст] / З. Тадмор, К. Гогос. — М. : Химия, 1984. — 630 с.