
**Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**



Матеріали

**VII Всеукраїнської науково-технічної конференції
«Створення, експлуатація і ремонт
автомобільного транспорту та
будівельної техніки»
25 квітня 2024 р.**

Полтава 2024

Орисенко Олександр Вікторович, к.т.н., доцент
Нестеренко Микола Миколайович, к.т.н., доцент
Сідан Денис Олександрович, аспірант,
Жила Ігор Варійович, магістр

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Назаренко Іван Іванович, д.т.н., професор,
Київський національний університет будівництва і архітектури,

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКА ПОДАЧІ СУМІШІ ДЛЯ ДРУКУ БУДІВЕЛЬНИМ 3D ПРИНТЕРОМ

В якості початкового параметра для розрахунку 3d будівельного принтера встановлюється основний параметр - діаметр шнека D .

Якщо він не заданий, його можна взяти з технічних характеристик передбаченої технологічної лінії для 3d друку або приблизно розрахувати за відповідністю (в мм).

$$Q = 0,68D^{2,5}, \quad (1)$$

де Q - об'ємна продуктивність, $\text{мм}^3/\text{с}$. Отримане значення діаметра шнека округлюють до найближчого більшого числа зі стандартного ряду діаметрів шнеків для конкретного типу полімерного матеріалу, враховуючи вимоги 3D-принтера. Після вибору діаметра і відношення L/D приступають до визначення інших параметрів, що враховують особливості 3D-друку, такі як швидкість подачі матеріалу та необхідність точності друку.

Крок нарізки t та глибина витка h суттєво впливають на продуктивність шнекової машини 3D-принтера. Крок витка в зоні завантаження визначається не тільки коефіцієнтом тертя матеріалу о шнек і стінки матеріального циліндра, але й швидкістю подачі матеріалу для друку та вимогами щодо якості друку. Для зони завантаження рекомендується приймати крок від $0,7$ до $1,5D$, з урахуванням специфічних вимог 3D-принтера.

Для зони дозування нарізка шнека може враховувати властивості матеріалів, які використовуються в 3D-друці, такі як температурна чутливість, і забезпечувати необхідну точність друку. Рекомендується враховувати основні параметри: швидкість та стабільність подачі матеріалу для друку при виборі кроку нарізки t .

Додатково, при роботі з цементною або гіпсовою сумішшю, важливо враховувати їхні особливості, такі як в'язкість та температурні умови для досягнення оптимальних результатів друку. Також слід розглядати вибір матеріалів шнека та конструктивні особливості з урахуванням вимог, що стосуються обробки цементної або гіпсової суміші.

$$t = (0,8...1,2)D \quad (2)$$

У контексті 3D-принтера, де точність і рівномірність подачі матеріалу є критичними факторами для якості друку, обрання кроку нарізки t рівним діаметру шнека ($t = D$) може бути важливим кроком для забезпечення

оптимальних умов друку. Це дозволяє досягти не тільки стабільної і рівномірної подачі матеріалу, але також спрощує технологічний процес виготовлення шнека для 3D-принтера.

Додатково, для досягнення високих ступенів стиснення матеріалу при друці можуть бути використані шнеки зі змінним за довжиною кроком нарізки. Це може бути корисно для регулювання параметрів друку в залежності від властивостей конкретного матеріалу та вимог до якості друку.

При виборі глибини гвинтового каналу важливо враховувати особливості матеріалу, які використовується у 3D-друці, такі як температурна чутливість та потреба в точності друку. Рекомендації щодо глибини гвинтового каналу можуть бути адаптовані з урахуванням конкретних умов та вимог, характерних для 3D-принтера та матеріалів, які використовуються.

Для 3D-принтера важливим є не лише оптимальна глибина гвинтового каналу в зонах питання та дозування, але і врахування особливостей процесу друку.

У зоні завантаження, глибина гвинтового каналу також повинна враховувати можливі варіації властивостей матеріалу та його подачу в принтер.

$$h_1 = (0.12...0.16)D: \quad (2.3)$$

В зоні дозування для 3D-принтера, крім забезпечення точності друку, важливо враховувати потреби в рівномірній подачі матеріалу та можливість швидкого регулювання глибини винтового каналу для адаптації до різних умов друку та властивостей матеріалу.

$$h_3 = 0.5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i}(D - h_1)} \right] \quad (2.4)$$

Вибір ступеня стиснення матеріалу (i) на основі таблиці 1 визначається врахуванням конкретних рекомендацій для кожного матеріалу та виду виробу.

Вибір ступеня стиснення матеріалу (іноді також називається "ступенем живлення") для цементних або гіпсових сумішей може залежати від типу шнеку та його конструктивних параметрів. У загальному випадку, ступінь стиснення визначається відношенням глибини каналу в зоні живлення (поживлення) до глибини каналу в зоні дозування.

Ступінь стиснення цементної або гіпсової суміші залежить від декількох факторів, включаючи тип шнека. Шнек - це обертовий елемент, який використовується для перемішування та подачі матеріалу. Тип шнека може впливати на ступінь стиснення суміші наступними способами:

Діаметр шнека: Шнек з меншим діаметром створює більший тиск на суміш, що може призвести до підвищення ступеня стиснення.

Швидкість шнека: Шнек з більшою швидкістю створює більший відцентровий тиск на суміш, що також може призвести до підвищення ступеня стиснення.

Кут нахилу шнека: Шнек з більшим кутом нахилу створює більший обертовий момент, що також може призвести до підвищення ступеня стиснення.

Загалом, шнеки з меншим діаметром, більшою швидкістю та більшим кутом нахилу будуть створювати більший тиск на суміш, що може призвести до підвищення ступеня стиснення.

Однак, важливо зазначити, що тип шнека не є єдиним фактором, який впливає на ступінь стиснення. Інші фактори, які можуть впливати на вибір ступеня стиснення, включають швидкість виходу матеріалу, величину і тип зерен матеріалу, його вологості та інші властивості.

З Таблиці 1 можна взяти значення середнього градієнта швидкості зсуву γ , числа витків в зоні дозування, і відношення глибини каналу в зоні живлення та дозування для конкретного матеріалу та типу виробу.

Загальною метою визначення глибини гвинтового каналу для 3D-принтера є забезпечення стабільної та точної подачі матеріалу в процесі друку, що є ключовим для отримання високоякісних та деталізованих друкованих будівельних конструкцій.

Таблиця 1 – Конструктивні параметри шнеків для використання в 3D-принтерах

Полімерний матеріал	Середній градієнт швидкості зсуву γ , с^{-1}	Число витків в зоні дозування	Коефіцієнт стиснення (відношення глибини каналу в зоні живлення та дозування)
Гіпсова суміш	15...20	4...6	1,1...1,35
Цементна суміш	10...23	3...6	1,05...1,25

У таблиці подано рекомендовані конструктивні параметри шнеків для обробки різних полімерних матеріалів та виготовлення різних видів виробів. Глибина гвинтового каналу, кількість витків та коефіцієнт стиснення визначаються з урахуванням властивостей конкретного матеріалу та типу виробу для досягнення оптимальних умов обробки.

У зоні пластифікації (стиснення).

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L} L_0 \quad (2.5)$$

$$L_0 = L - L_H \quad (2.6)$$

де L – довжина шнека, см;

L_0 – довжина шнека до зони стиснення, см;

L_H – довжина тискавої частини шнека, см.

$$L_H = (0.4...0.6)L \quad (2.7)$$

Ширина гребня витка шнека e рекомендується приймати такою, щоб уникнути збільшення потужності, оскільки збільшення товщини витка

призводить до зростання витрати енергії, тоді як зменшення її може призвести до утворення значного потоку витoku через зазор між внутрішньою поверхнею матеріального циліндра та зовнішньою поверхнею витка шнека.

$$e = (0,06 \dots 0,1)D. \quad (2.8)$$

Менші значення рекомендується приймати для діаметрів шнека більше 125 мм, тоді як більші значення - для діаметрів менше 125 мм. Радіальний зазор між внутрішньою поверхнею матеріального циліндра та зовнішньою поверхнею витка шнека рекомендується приймати

$$\delta = (0,002 \dots 0,005)D. \quad (2.9)$$

При цьому менші значення приймаються для великих діаметрів шнеків. Частота обертання шнека суттєво впливає на продуктивність шнекових машин. Її зростання спостерігається до певного значення частоти обертання шнека (критичного), після чого починається нестійке рух матеріалу (частинки матеріалу припиняють рухатися в осьовому напрямку і лише обертаються разом із шнеком). Це призводить до зменшення продуктивності, збільшення споживаної потужності та збільшеного зносу робочих частин машини.

Величину критичної частоти обертання шнека в зоні завантаження шнекової машини можна визначити за наступним співвідношенням (с^{-1}):

$$n_{\text{крит}} = \frac{42,2}{60\sqrt{D}} \quad (2.10)$$

де D - діаметр шнека, м

В зонах стиснення і дозування допустиму частоту обертання шнеків значно зменшують, щоб уникнути через мірного витіснення суміші.

Робоча частота обертання шнека дорівнює

$$n_p = (0,2 \dots 0,7) n_{\text{кри}}, \quad (2.11)$$

де нижні значення числових коефіцієнтів приймаються для малих діаметрів шнеків, верхні - для великих значень. На практиці частота обертання знаходиться в межах від 0,08 до 4,2 с^{-1} .

*Тікан Юрій Миколайович, аспірант,
Нестеренко Микола Миколайович, к.т.н., доцент*

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ВІБРАЦІЙНІ БУНКЕРНІ ЖИВИЛЬНИКИ

Вібраційні бункерні живильники є ключовим компонентом у багатьох автоматизованих системах, використовуючи принципи вібраційної механіки для орієнтації та подачі заготовок і деталей різного технічного призначення. Ці пристрої призначені для забезпечення поштучної подачі матеріалів на подальші технологічні операції, такі як складання, обробка або упаковка.
