

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ НАСИПНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ВІД РОЗМІРУ ЧАСТОК ЗА ДОПОМОГОЮ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Исследована зависимость насыпной плотности разного лекарственного растительного сырья от размера частиц. Полученные результаты позволяют прогнозировать объем, занимаемый растительным сырьем при загрузке в экстрактор.

DETERMINATION OF THE DEPENDENCE OF PACKED DENSITY ON SIZE OF PARTICLES WITH THE HELP OF FRACTAL ANALYSIS

The dependence of packed density of different herbal raw materials on the size of particles was investigated. These results permit forecast of volume which raw materials fill in extractor.

Поставлення проблеми. У фіто-хімічній промисловості процес екстракції біологічно активних речовин з лікарської рослинної сировини займає центральне місце в технології одержання лікарських засобів, та при технологічних розрахунках процесу екстракції необхідно заздалегідь вивчити технологічні властивості сировини. До таких технологічних властивостей належить насипна щільність сировини, яка визначає необхідний об'єм екстрактора при заданій масі сировини або навпаки по відомому об'єму реактора треба розрахувати масу сировини для завантаження. Знаючи насипну масу сировини, можна розрахувати так звану порізність шару сировини, тобто об'єм порожнин між частками сировини, що в свою чергу необхідно для розрахунку швидкості руху екстрагенту в цих порожнинах при перколяції. Отже визначення насипної щільності потрібне для розрахунку інших параметрів, які впливають на швидкість процесу екстракції.

Аналіз досліджень. Аналіз літературних джерел по технологічним властивостям сировини [1-3] показує, що автори приводять лише методику знаходження насипної щільності сировини для якогось одного розміру часток, непрямо можна здогадуватися, що це середньо геометричний діаметр

$$d_{cp} = \frac{1}{\sum \varphi_i / d_i},$$

де d_{cp} – середньо геометричний діаметр часток, см;

φ_i – масова частка фракції часток з діаметром d_i , мас.ч.;

d_i – середній розмір часток i -тої фракції, см.

Залежність насипної щільності суміші часток з різними масовими частками фракцій згідно [5] визначають за формулою

$$\rho_{cm} = \frac{1}{\sum \varphi_i / \rho_i},$$

де $\rho_{см}$ – насипна щільність суміші, г/мл;

φ_i – масова частка фракції з характерним розміром часток d_i , мас.ч.;

ρ_i – насипна щільність i -тої фракції з характерним розміром часток d_i , г/мл.

Згідно класичних поглядів об'єм, що займають N частинок (наприклад у вигляді куба з розміром ребра d_i), можна обчислити за такою формулою:

$$V = N \cdot d_i^3.$$

Залежність насипної щільності від характерного розміру частинки можна обчислити за формулою:

$$\rho_i = \frac{M}{V} \equiv f(M, d_i^3) = \frac{M}{N \cdot d_i^3} = \frac{k}{d_i^3},$$

де ρ_i – насипна щільність сировини, г/мл;

M – маса сировини, яка займає об'єм V , г;

V – об'єм, мл;

k – постійна величина.

Однак такий підхід до розрахунку насипної щільності не дає відповідності дослідних даних до теорії, тому що, по-перше, не враховує порожнини між частками, по-друге, майже неможливо визначити геометричні характеристики часток рослинної сировини, бо вони мають неправильну структуру.

В останні десятиріччя розвивається новий математичний підхід до описання об'єктів, які мають неправильну форму (звивисті, шершаві, пористі), – це так званий фрактальний підхід [4]. За допомогою цього підходу, сумарний об'єм часток з порожнинами між ними можна обчислити за формулою:

$$V = \alpha \cdot d_i^{E-D},$$

де V – сумарний об'єм, мл;

d_i – характерний розмір частинки, см;

α – стала величина;

E – Евклідова розмірність простору ($E = 3$);

D – фрактальна розмірність, для пористих тіл вона знаходиться в інтервалі $2 < D < 3$.

Залежність насипної щільності рослинної сировини від характерного розміру часток d_i можна подати у такому вигляді

$$\rho_i = \frac{M}{V} \equiv f(M, d_i^{E-D}) = \frac{M}{\alpha \cdot d_i^{E-D}} = \frac{m}{d_i^\gamma},$$

де m – стала величина, $m = M/\alpha$;

γ – стала величина, $\gamma = E-D$, для пористих тіл вона знаходиться в інтервалі $0 < \gamma < 1$.

Отже, визначення залежності насипної щільності від характерного розміру часток й знання масових часток фракцій – необхідні складові для вирішення проблеми визначення насипної щільності суміші часток рослинної сировини.

Експериментальна частина. В якості експериментальної сировини було обрано три види подрібненої рослинної сировини: трава хвоща польового, лист берези й трава кропиви собачої, оскільки вони мають досить різні геометричні

характеристики (гольчасту, пластинчасту та круглі частинки суплідь відповідно). Сировину фракціювали на ситах лабораторних СЛП-300 з круглими отворами (1, 2, ..., 7 мм). Насипну щільність кожної фракції визначали за такою методикою: у мірний циліндр на 250 мл (з ціною поділки 2 мл) поміщали зважену сировину (з точністю до 0,001 г, на вагах WPS 210/C/2) з ущільненням доводили об'єм сировини до постійної величини і заміряли його. Графіки залежності насипної щільності різної рослинної сировини від характерного розміру часток та рівняння їх апроксимації відображені на рис. 1. Як видно, вони мають вид степеневої залежності.

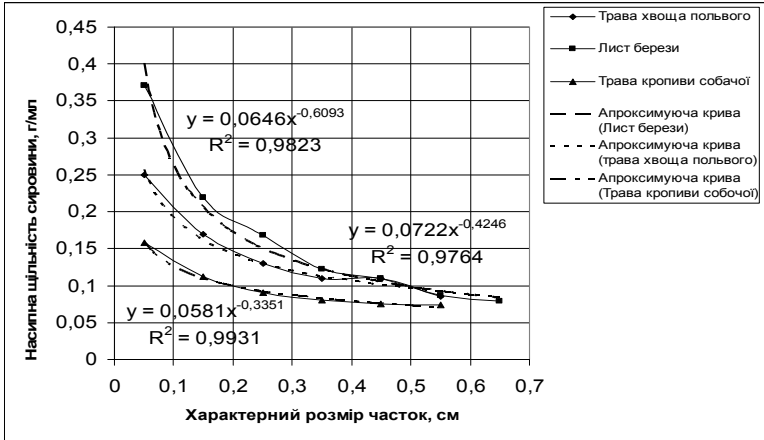


Рис. 1 – Залежність насипної щільності рослинної сировини від характерного розміру часток

Нижче наводяться дані по насипній щільності модельних сумішей для трьох видів сировини (табл. 1).

В табл. 1 розрахункова щільність суміші обчислювалися відповідно за формулами:

$$\rho_{см} = \frac{1}{\sum \varphi_i / \rho_i} ; \quad (1)$$

$$\rho_{см} = \sum \varphi_i \cdot \rho_i . \quad (2)$$

Хоча формула (1) загально прийнята для розрахунку насипної щільності суміші, однак похибка за нею більша, ніж при розрахунку насипної щільності суміші за формулою (2).

Згідно експериментальних даних, залежність насипної щільності рослинної сировини (принаймні для трави хвоща польового, листа берези та трави кропиви собачої) від характерного розміру часток має ступеневий вид: $\rho_i = m \cdot d_i^{-\gamma}$, що може бути пов'язано з фрактальною структурою насипного об'єму, який займають частинки рослинної сировини. Для визначення фрактальності структури таких об'єктів потрібні додаткові дослідження.

Таблиця 1

Умовний розмір часток, см	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	Експериментальне значення щільності суміші, г/мл	Розрахована щільність суміші за (1), г/мл	Розрахована щільність суміші за (2), г/мл	
Трава хвоща польового											
Мас.ч.	1	0,41	0,33	0,26				0,1781	0,1775	0,1928	
	2		0,34		0,34	0,32		0,1341	0,1208	0,1257	
	3		0,37	0,31	0,32			0,1406	0,1331	0,1362	
	4	0,23	0,36	0,41				0,1793	0,1594	0,1707	
	5	0,16	0,19	0,37	0,28			0,1501	0,1403	0,1516	
Середня похибка, %									6,63	4,68	
Лист берези											
Мас.ч.	1				0,24	0,13	0,29	0,34	0,0991	0,0965	0,0986
	2	0,24	0,17	0,22			0,24	0,13	0,1628	0,1425	0,1974
	3			0,22	0,27		0,37	0,14	0,1157	0,1074	0,1123
	4		0,25	0,33		0,15		0,27	0,1445	0,1241	0,1394
	5				0,21	0,13	0,24	0,42	0,0905	0,0949	0,0969
Середня похибка, %									8,27	7,09	
Трава кропиви собачої											
Мас.ч.	1		0,12	0,31	0,26			0,31	0,0910	0,0818	0,0841
	2		0,26	0,22		0,22	0,30		0,0926	0,0842	0,0869
	3			0,36	0,22	0,24	0,18		0,0849	0,0816	0,08245
	4		0,25		0,33		0,25	0,17	0,0934	0,0811	0,0838
	5		0,28	0,23	0,23	0,26			0,0934	0,0889	0,0905
Середня похибка, %									7,57	5,42	

Аналізуючи дані з модельних сумішей, можна бачити, що насипна щільність із суміші частинок сировини дещо краще прогнозується “емпіричним” рівнянням (2), ніж рівнянням (1), що може приводити до висновку, що для таких об’єктів, як суміш частинок рослинної сировини, некоректно застосовувати рівняння (1). Можливо, некоректність рівняння (1) полягає у тому факті, що менші частинки сировини займають порожнини, які виникають між більшими частинками. Це питання залишається відкритим.

Висновки. Було визначено вид залежності насипної щільності сировини від характерного розміру часток, що для трави хвоща польового, листа берези та трави кропиви собачої має такий вид:

$$\rho_i^{xb} = 0,0646 \cdot d_i^{-0,6093};$$

$$\rho_i^{bz} = 0,0722 \cdot d_i^{-0,4246};$$

$$\rho_i^{sp} = 0,0581 \cdot d_i^{-0,3351}.$$

Шляхом експерименту на модельних сумішах різної рослинної сировини було виявлено, що насипна щільність суміші часток рослинної сировини краще описується рівнянням (2).

За допомогою одержаних залежностей можна передбачати об'єм, який займатиме суміш часток для такої лікарської рослинної сировини, як трава хвоща польового, лист берези та трава кропиви собачої, при відомому фракційному складі суміші, що надає змогу робити подальші технологічні розрахунки для процесу екстракції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Визначення технологічних параметрів лікарської рослинної сировини, що входить до складу комплексного препарату «Мелопіт» / О.С. Шпичак, О.І. Тихонов, Т.Г. Ярних, Є.В. Гладух // Вісник Фармації. – 2005. – №2 (42). – С. 38-42.
2. Настойки, экстракты, эликсиры и их стандартизация / Под ред. проф. В.Л. Багировой, проф. В.А. Северцева. – СПб.: СпецЛит, 2001. – 223 с.
3. Технологічні параметри рослинної сировини / П.П. Ветров, С.В. Гарна, С.О. Прокопенко, О.В. Кучер // Фармацевтичний журнал. – 1987. – №3. – С. 52-56.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
5. Батунер Л.М., Позин М.Е. Математические методы в химической технике. – Л.: Химия, 1971. – 824 с.

УДК 631.243.242:539.215:531.13

Бойко И.Г., Русалев А.М.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ И ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ В БУНКЕРЕ С КОЛЬЦЕВЫМ ВЫПУСКНЫМ ОТВЕРСТИЕМ

Приведені теоретичні дослідження рівноваги та руху сыпучого середовища в бункері з кільцевим выпускним отвором.

THEORETICAL RESEARCHES OF EQUILIBRIUM AND MOTION OF FRIABLE ENVIRONMENT ARE IN A BUNKER WITH A CIRCULAR TAPE-HOLE

Theoretical researches of equilibrium and motion of friable environment are resulted in a bunker with a circular tape-hole.

Постановка проблемы. Схема устройства для смешивания сыпучих материалов (Патент RU 2299092 C1), в котором для подачи основного компонента предусматривается наддозаторный бункер для основного компонента, внутри которого находится бункер для добавок показана на рис. 1. Выпускное отверстие, образованное этими конусами, имеет кольцеобразную форму. Необходимо выяснить закономерность условий равновесия и движения сыпучего материала в бункере с подобным выпускным отверстием.

Анализ последних исследований и публикаций. Изучением закономерностей равновесия и истечения сыпучих материалов из бункеров различных