

## Тепломасообмін капсулювання (інкрустування) насіння буряка цукрового у стані псевдозрідження

**О.А. Нагурський**, доктор технічних наук, доцент, доцент, кафедра екологічної безпеки та природоохоронної діяльності, Національний університет «Львівська політехніка»

**Я.М. Гумницький**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та збалансованого природокористування, Національний університет «Львівська політехніка»

**В.В. Ващук**, кандидат технічних наук, асистент, кафедра безпеки життєдіяльності, Львівський Національний університет ім. І. Франка

34

*Наведено результати експериментальних досліджень теплообміну процесу капсулювання водним розчином плівкоутворювача насіння буряка цукрового у стані псевдозрідження. Отримане рівняння у критеріальній формі для визначення коефіцієнту тепловіддачі від повітря до поверхні насіння під час капсулювання.*

*Ключові слова: теплообмін, капсулювання, псевдо зрідження, передпосівна підготовка, насіння буряка цукрового.*

*Приведены результаты экспериментальных исследований теплообмена процесса капсулирования водным раствором пленкообразователя семян свеклы сахарной в состоянии псевдооживления. Полученное уравнение в критериальной форме для определения коэффициента теплоотдачи от воздуха к поверхности семян при капсулировании.*

*Ключевые слова: теплообмен, капсулирование, псевдооживления, предпосевная подготовка, семена свеклы сахарной.*

*The results of experimental studies of heat transfer process of encapsulating an aqueous solution of film-sugar beet seed in the state of fluidization. The equation in the form of criterial for determining the coefficient of heat transfer from the air to the surface of the seeds during encapsulation.*

*Keywords: heat transfer, encapsulation, pseudo liquefaction, preplant preparation, seed sugar beet*

**Постановка проблеми.** Капсулювання (інкрустування) насіння полягає в тому, що на поверхню насіння наноситься рідкий полімерний плівкоутворювач, до складу якого входять речовини, що створюють захисне і активізуюче ріст середовище. Інкрустоване насіння краще переносять зниження температури, дає більш дружні сходи [1]. Застосування інкрустованого або капсульованого дає вищу густоту цукрових буряків перед збиранням врожаю, ніж за сівби нешліфованим протруєним та шліфованим протруєним насінням, що зумовлено вищою його польовою схожістю [2]. Для капсулювання насіння використовують водні розчини плівкоутворювальних речовин, де вміст активних компонентів не перевищує 30% [1, 3]. Відповідно, під час здійснення процесу капсулювання проходить видалення вологи із поверхні насінини.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Капсулювання насіння, як правило, реалізується у апаратах барабанного типу, які характеризуються

меншою інтенсивністю тепломасообмінних процесів у порівнянні із апаратами псевдозрідженого стану [1, 3]. У апараті псевдозрідженого стану частинки матеріалу перебувають у завислому стані під дією зріджувального повітря, яке одночасно є теплоносієм. Частинки практично не торкаються одна одної, що забезпечує максимальний контакт між її поверхнею та повітрям. Також у об'ємі завислого матеріалу розподіляється диспергований плівкоутворювач, що дає змогу одночасно покрити більшу поверхню частинок матеріалу.

З метою встановлення оптимальних технологічних параметрів для ефективного здійснення процесу капсулювання насіння цукрового буряка практичне зацікавлення викликає дослідження закономірностей теплообміну між насінням, зріджувальним повітрям та плівкоутворювальним розчином.

**Мета та цілі статті.** Метою роботи є визначення коефіцієнтів теплообміну між зріджувальним повітрям та поверхнею насінини.

Значення коефіцієнтів тепловіддачі під час капсулювання насіння буряка цукрового у стані псевдозрідження

Матеріал	Швидкість повітря, м/с	Розчинник плівкоутворювача	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м <sup>2</sup> К)
Насіння буряків кормового	3,19	Вода	556,4
	4,0		607,2
	5,12		796,0
	5,91		885,2

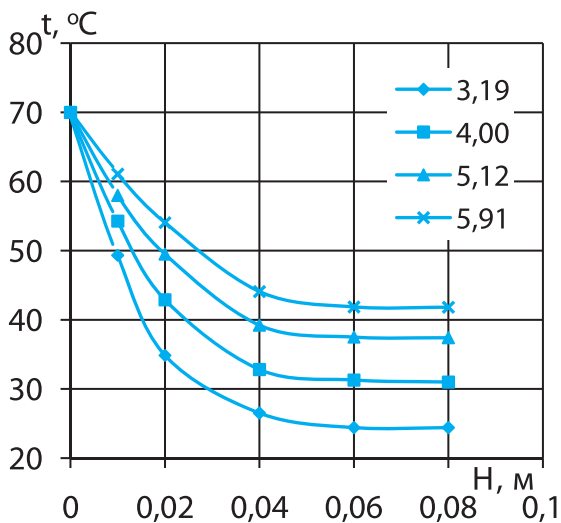


Рис. 1. Розподіл температури повітря з висотою шару насіння у процесі капсулювання водним розчином плівкоутворювача за різної швидкості повітря (м/с)

Для визначення температурних характеристик процесу в залежності від висоти шару використовували 7-ми каналний інтелектуальний перетворювач ПВІ-0298, який дозволяє одночасно фіксувати температуру в семи точках з виводом інформації на ПК. Границя допустимої основної зведеної похибки перетворювача ±0,25%, час опитування всіх каналів не більше 3,5 с. [9].

Для визначення усереднених коефіцієнтів тепловіддачі від зріджувального агенту до поверхні частинок проводили зрошення дисперсного шару рідиною за різних швидкостей повітря. Температуру під газорозподільною решіткою підтримували постійною для різних швидкостей повітря. Отримані значення зміни температури теплового агенту з висотою шару насіння, зрошеного рідиною наведені на рис. 1.

Значення коефіцієнту тепловіддачі від зріджувального повітря до поверхні частинки в процесі випаровування розчинника для зони максимального змочення частинок рідиною  $\alpha_{вод}$  знаходимо графічним методом, наведеним у роботі [5]. Значення коефіцієнтів тепловіддачі від зріджувального повітря до поверхні насіння, наведені у таблиці 1 і у графічному вигляді на рис. 2.

Узагальнення експериментальних результатів проводилось за рівнянням [4]:

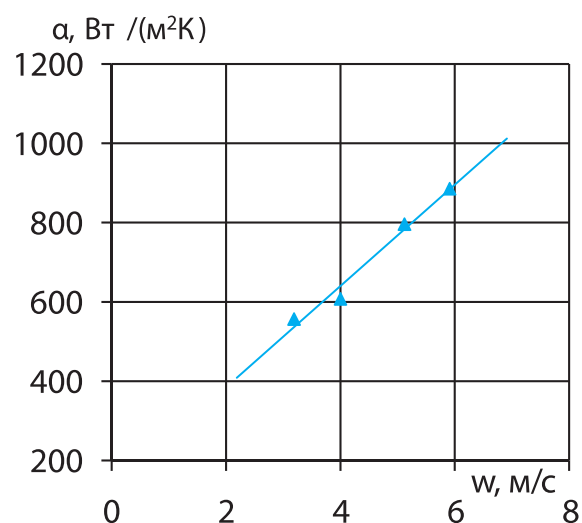


Рис. 2. Залежність коефіцієнтів тепловіддачі від фіктивної швидкості зріджувального агенту для процесу капсулювання насіння буряка цукрового водним розчином плівко утворювача.

$$Nu_{\epsilon} = AR^n Pr^m \quad (1)$$

Враховуючи, що фізичні параметри повітря змінювалися у вузькому діапазоні, приймаємо  $Nu_{\epsilon} \sim Pr^{0,33}$  [73]. Для визначення невідомих коефіцієнтів «А» і «n» рівняння (4.25) експериментальні значення зображали залежністю  $Nu_{\epsilon}/Pr^{0,33} = f(Re_{\epsilon})$  у логарифмічній системі координат (рис. 3).

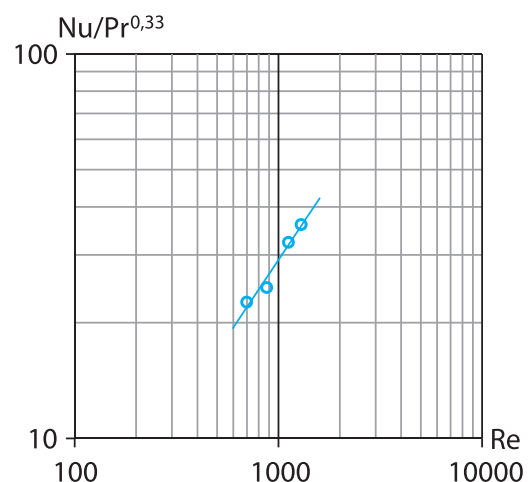


Рис. 3. Узагальнення результатів експериментального визначення коефіцієнтів тепловіддачі процесу капсулювання насіння буряка цукрового водним розчином плівкоутворювача

## СИРОВИНА

Із графіка (рис. 3) визначаємо невідомі константи  $A$  і  $n$  залежності (1). У результаті отримуємо рівняння для визначення коефіцієнту тепловіддачі під час капсулювання насіння буряка цукрового у стані псевдозрідження:

$$Nu_g = 0,116R_g^{0,8} Pr^{0,33} \quad (2)$$

Відносна похибка між експериментальними значеннями і розрахованими за залежностями, отриманими на основі рівняння (2) не перевищує 21,7%. Таке відхилення для насіння буряка цукрового можна пояснити структурою поверхні насінни, яка характеризується різкими нерівностями, що утруднювало визначення дійсної площі тепломасообміну. Величина числа Нусельта аналогічно, як і коефіцієнта тепловіддачі, залежить від швидкості зріджувального повітря, що корелюється з даними, наведеними у роботі [6, 7] для пластмасових кульок у стані псевдозрідження, а також для нерухомого шару дисперсного матеріалу, через який фільтрується тепловий агент – у роботі [8].

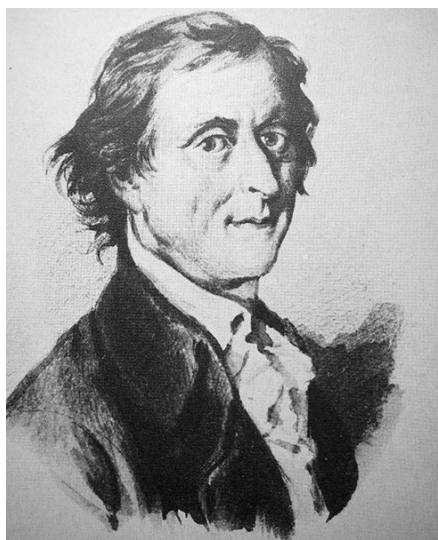
**Висновки.** Отримане рівняння (2) дає змогу визначати кінетичні параметри теплообміну між зріджувальним повітрям та поверхнею насіння буряка цукрового під час капсулювання у стані псевдозрідження водними розчинами плівкоутворювачів.

### Список використаних джерел:

1. <http://webfermer.org.ua/zemlerobstvo/sadivnyctvo/drazhuvannja-ta-inkrustuvannja-nasinnja.php>
2. Карпук Леся Михайлівна. Посівні якості та продуктивні властивості насіння цукрових буряків залежно від способів його підготовки : автореф. дис... канд. наук: 06.01.14 – 2008. – 20 с.
3. [http://www.sadigorod.com/OBROBKA\\_NASINNYA.html](http://www.sadigorod.com/OBROBKA_NASINNYA.html)
4. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х ч. Ч. 1./ Товажнянский Л. Л., Готлинская А. П., Лещенко В. А./ Харьков : НТУ «ХПИ», 2004. - 632 с.
5. О.А. Нагурський. Закономірності капсулювання речовин у стані псевдозрідження та їх дифузійного вивільнення. Монографія / О.А. Нагурський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 188 с.
6. Гельперин Н.И. Основы техники псевдооживления / Н.И. Гельперин, В.Г. Айнштейн, В.Б. Кваша. – М : Химия, 1967. – 664 с.
7. Членов В.А. Виброкипящий слой / Членов В.А., Михайлов Н.В. – М : Наука, 1972. – 343 с.
8. Атаманюк В.М. Зовнішній тепломасообмін під час фільтраційного сушіння / Атаманюк В.М. // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т.28. - №5. – С. 47-54.

## ЦІКАВІ НОВИНИ

### Франц Карл Ахард



Франц Карл Ахард народився 28 квітня 1753 року в місті Берліні в сім'ї біженців-гугенотів. Тут же, в столиці Німеччини, отримав прекрасну освіту, з дитинства віддаючи перевагу фізиці та хімії.

Після прийняття в Академію, будучи фаворитом короля Фрідріха II, Ахард особисто двічі на тиждень доповідав йому про свої експерименти.

У 1782 році він зайняв місце директора фізичного відділення Пруської академії наук, з'явившись наступником Зігізмунда Маргграфа, який ще в 1747 році займався дослідженням вмісту цукру в буряках. Ахард відновив досліди свого попередника і з 1786 року зайнявся у своєму маєтку Каульсдорф поблизу Берліна переробкою цукрових буряків та отриманням з них цукру. Після низки невдач він звернувся в 1794 році до прусського короля Фрідріха Вільгельма III з проханням про привілеї на фабрикацію бурякового цукру, а також і деяких інших пільг. Прохання це було відхилено, але уряд дозволив Ахарду провести досліди в Берліні, і коли вони дали сприятливі результати, йому

була видана позика в 50 000 талерів на купівлю маєтку Кунерн в Шлезвізі, де і був побудований в 1801 році перший бурякоцукровий завод.

Через деякий час цей завод був зруйнований під час війни. У 1810 році фабрика з виробництва цукру була відновлена з таким розрахунком, щоб вона могла одночасно служити і практичною школою цукробурякового виробництва. Є свідчення, що англійські купці, які постачали цукор, вироблений в Новому Світі з цукрової тростини, пропонували Ахарду астрономічну на ті часи суму в 200 тисяч талерів тільки за те, щоб він оголосив, що його експерименти увінчалися невдачею, щоб продовжувати залишатися монополістами на цьому ринку, однак учений категорично відкинув цю пропозицію.

Джерело: [igroutes.com](http://igroutes.com)