

УДК 621.9:664

Р.Д. Іскович-Лотоцький, О.В. Поліщук, І.В. Севостьянов

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРОУДАРНИХ ТА ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ХАРЧОВІЙ ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

ВСТУП

Буряковий жом є цінним кормом для сільськогосподарських тварин. Згодують його в свіжому, кислому і сушеному вигляді. Залежно від добавок, що вводяться, на цукровому заводі можна виготовляти збагачений сушений жом, що значною мірою підвищує поживність корму і його споживчу вартість[1].

В процесі виробництва буряковий жом є побічним продуктом із якого дифузійним методом вилучено основну кількість цукру і деяку частину мінеральних та органічних речовин.

Жом, який вийшов із дифузійної установки, називають свіжим; в ньому міститься від 7 до 11 % сухих речовин. Згодувати тваринам жом у свіжому вигляді доцільно лише в господарствах, розміщених поблизу цукрового заводу, оскільки із збільшенням відстані різко зростає вартість його перевезення. Транспортабельність свіжого жому підвищують за допомогою видалення із нього частини води механічним методом (пресуванням). В свіжому вигляді згодують всього 30-40% виробленого жому, а решту жому консервують і піддають тривалому зберіганню.

Для консервації жому застосовують силосування і висушування. При силосуванні жом укладають на зберігання в відкриті жомові ями, де під впливом мікроорганізмів він скисає і перетворюється в так званий кислий жом. За час зберігання в таких ямах протягом 6 місяців, кислий жом може втратити до 50% сухих речовин, а також втрачає поживні речовини.

Найбільш раціонально зберігати жом в зневодненому вигляді. Це практично виключає втрати поживних речовин і підвищує його придатність до транспортування.

Кінцевий продукт(зневоднений жом), що містить до 88% сухих речовин, на сьогоднішній день отримують шляхом механічного зневоднення в пресах з подальшим висушуванням в жомосушильних відділеннях. Практика показує, що не зважаючи на енергоємність процесів висушування, виробництво сушеного жому економічно вигідно.

Зневоднення жому цукрового буряка також можна здійснювати і хімічно із застосуванням адсорбуючих речовин, проте використання такого способу зневоднення є дорогим і, крім того, зневоднений таким чином жом втрачає значну частину поживних речовин[1].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Існуюче на сьогоднішній день обладнання, а саме гідравлічні, пневматичні та механічні – ексцентрикові, вальцеві, стрічкові та шнекові преси, що використовується для механічного зневоднення жому, є достатньо продуктивним і зручним в експлуатації, і дозволяє отримувати продукт із вмістом 22% сухих речовин[2].

Суттєво підвищити останній показник можна із застосуванням віброударного способу механічного зневоднення жому, який реалізовується на вібраційних пресах з гідроімпульсним приводом. Використання цього виду технологічного обладнання дозволить значно зменшити тривалість та енергоємність процесів механічного та термічного зневоднення.

РЕЗУЛЬТАТИ

Експериментальні дослідження проведені в лабораторіях Вінницького національного університету дозволили підтвердити високу ефективність процесів вібраційного та віброударного зневоднення жому цукрового буряка.

Стружка жому цукрового буряка, що піддавався зневодненню, мала форму соломки довжиною 10-50 мм з практично однорідною клітинною структурою. Міцність такого рослинного матеріалу є досить незначною, що визначає його

високу схильність до деформацій розтягу-стиску, зсуву, кручення, поперечного та повздовжнього згину під впливом зовнішніх силових факторів. Цьому матеріалу також властива значна рухомість. Перераховані вище властивості жому цукрового буряка визначають його значну податливість під час механічної переробки і, відповідно, сприяють процесу виділення вологи сконцентрованої в ньому[3].

На графіку (рис. 1) отриманому на основі аналізу результатів експериментальних досліджень ефективності процесу механічного зневоднення порції жому, вміщеної в серветку з синтетичного фільтруючого матеріалу, статичним пресуванням в циліндричній пресформі \varnothing 130 мм з отворами для виведення вологи розміщеними по її периметру можна виділити три основні ділянки.

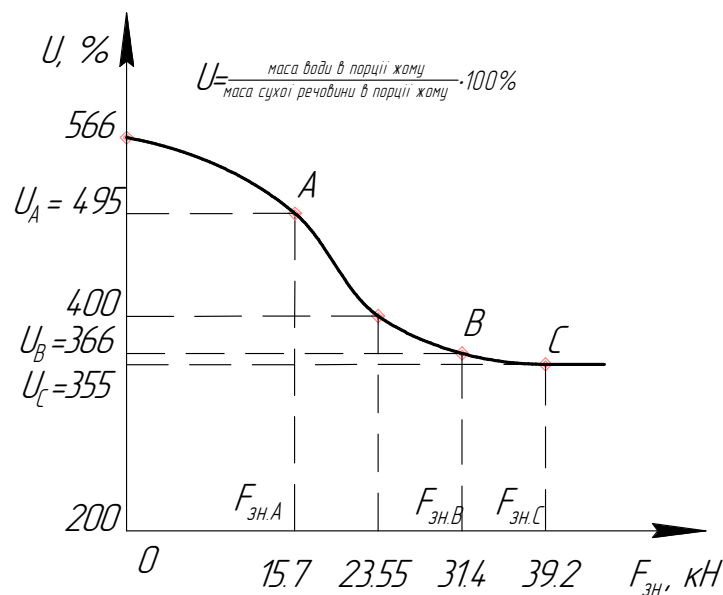


Рисунок 1 – Графік зміни вологовмісту $U\%$ жому цукрового буряка від робочого зусилля $F_{зн}$ при статичному пресуванні.

Перша ділянка O-A графіка $F_{зн}-U$ характеризується виділенням вологи та, відповідно, зменшенням вологовмісту пресованого матеріалу при невеликому зростанні зусилля пресування $F_{зн}$ за рахунок виділення механічно незв'язаної та частково хімічно зв'язаної води. Зменшення об'єму пресованого матеріалу пояснюється видаленням повітря з простору між частинками матеріалу, а також при досить невеликих значеннях зусилля пресування $F_{зн}$ має місце пластичне

деформування клітинної структури матеріалу в основному за рахунок стискання клітин та їх часткового руйнування, що відповідає загальному збільшенню щільності пресованого матеріалу. Межею ділянки O-A можна вважати таке ущільнення матеріалу (зневоднення) при якому в ньому утвориться щільна волокниста структура з чітким контактом між її частинками та щільно утримуваною водою. На даній ділянці графіку в структурі матеріалу практично відсутні внутрішні напруги, тому зміну об'єму матеріалу можна вважати незворотною і, оскільки основна частина виділеної з жому вологи являє собою механічно зв'язану воду, її невідведена з об'єму оснастки частина практично не поглинатиметься матеріалом за рахунок його адсорбційних властивостей після зняття навантаження.

Найбільш характерною на графіку $F_{zn}-U$ є друга ділянка (крива A-B). Межі цієї ділянки визначаються зростанням зусилля пресування F_{zn} від F_{znA} до F_{znB} та зменшенням вологовмісту жому (відповідно, подальшим ущільненням його структури) від величини U_A до U_B . На даному етапі зневоднення матеріалу (ущільнення) відбувається в „замкненому” об'ємі оснастки при наявності утвореної щільної волокнистої структури пресованого матеріалу. Початкове зростання зусилля пресування F_{zn} характеризується подальшим ущільненням волокнистої структури жому, яке супроводжується виділенням вологи з поверхневих шарів при незначному їх руйнуванні. Подальше зростання зусилля F_{zn} спричиняє збільшення кількості зруйнованих тканин жому, та видалення вивільненої в результаті цього вологи. Досягнуті на ділянці A-B зменшення вологовмісту та ущільнення матеріалу (зміна об'єму) не є остаточними і не зберігають свого значення після зняття навантаження F_{zn} , оскільки після цього жом в значній мірі проявлятиме свої гігроскопічні властивості вбираючи залишки невиведеної води та повітря частково відновлюючи свій об'єм. Така поведінка жому пояснюється наявністю пружних складових деформації. Аналіз зміни характеру деформації жому на ділянці A-B свідчить про виявлення ним пружно-в'язко-пластичних властивостей.

Ділянка В-С графіка $F_{зн}-U$ визначається проявом жомом стійких пружно-в'язких властивостей та досягненням максимальної щільності клітинних структур і поступовим припиненням процесу зневоднення, що пояснюється замиканням невидаленої води в щільній масі матеріалу та необхідністю значних енергетичних витрат на руйнування молекулярних та адсорбційних хімічних зв'язків. Навантаження пресованого матеріалу зусиллям $F_{знС}$ і більше недоцільне, так як в ньому відбувається таке ущільнення та руйнування структур матеріалу без зміни об'єму з остаточним замиканням в них зв'язаної та незв'язаної води.

Згідно графіка $F_{зн}-U$ ефективними при статичному пресуванні є навантаження пресованого матеріалу зусиллями $F_{зн}$ ділянок О-А та А-В в діапазоні 15.7...48.6 кН (2...5 МПа), на яких матеріал продовжує виявляти в'язкі та пластичні властивості, що сприяє процесу видалення води з жому і дозволяє знизити його вологовміст до 366%.

Окремо проводились дослідження, основною метою яких був аналіз ефективності процесу зневоднення жому за допомогою дискретного навантаження та вивчення зміни його фізичних та механічних властивостей. В проведених експериментах жом піддавали короткочасному статичному пресуванню з наступним повним розвантаженням. В кожному наступному $n+1$ циклі пресування було отримано меншу кількість виділеної води та, відповідно, меншу зміну вологовмісту жому. Зменшення вмісту води в матеріалі для кожного i -го циклу можна визначити

$$\Delta m_{m,i} = m_{m,i-1} - m_{m,i}$$

а середнє зневоднення пресованого матеріалу за кожний i -й цикл навантаження

$$\Delta m_{i,сеп} = (\Delta m_{min} - \Delta m_{max}) / n$$

Було відмічено, що при дискретному пресуванні жому кількість видаленої води була більша від аналогічного показника при безперевному статичному пресуванні при одному і тому ж значенні максимального зусилля $F_{зн.max}$. Таку відмінність ефективності процесів на думку авторів можна пояснити

присутністю в циклах процесу дискретного навантаження проміжків розвантаження, чим створювались умови для передислокації стружки, перерозподілу залишкової води та зняття внутрішніх напруг.

На отриманому в результаті цих досліджень графіку (рис. 2) видно характер процесу зневоднення жому. Вологовміст кінцевого продукту при тривалості переробного процесу 30 с. становить 284%, що відповідає вмісту сухої речовини в продукті 26%.

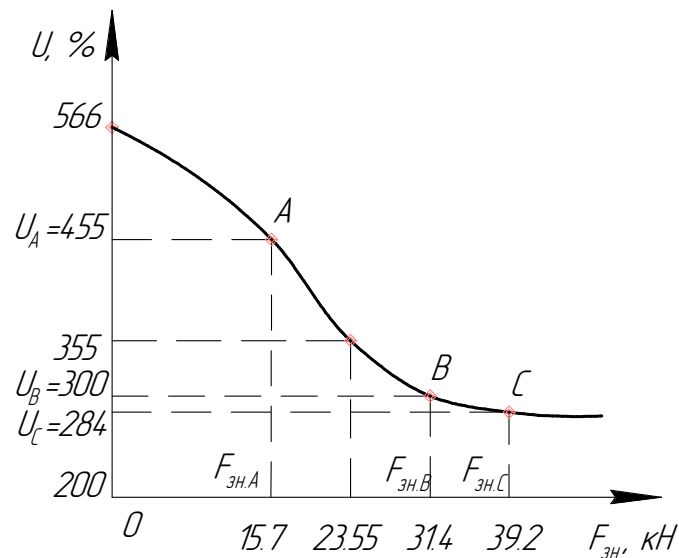


Рисунок 2 – Графік зміни вологовмісту $U\%$ жому цукрового буряка від робочого зусилля $F_{зн}$ при дискретному пресуванні.

Приведені вище результати досліджень ефективності процесів статичного та дискретного пресування показують більш високу ефективність останнього способу механічного зневоднення жому цукрового буряка, що можна пояснити присутністю в циклах процесу дискретного пресування проміжків розвантаження, чим створювались умови для перерозподілу залишкової води за рахунок передислокації стружки в жомі та зняття внутрішніх напруг.

Як вид дискретного навантаження можна розглянути і віброударне пресування, характерною відмінністю якого є комбінування циклічного імпульсного силового впливу $F_{імп.зн}$ та постійного статичного навантаження $F_{зн}$ на жом (циклограма силового впливу на жом показана на рис. 3). Основними параметрами, що визначають ефективність цього процесу є величина постійного робочого зусилля на жом та величина короткотривалого силового

впливу, його тривалість, частота та амплітуда вібрацій, загальна тривалість процесу.

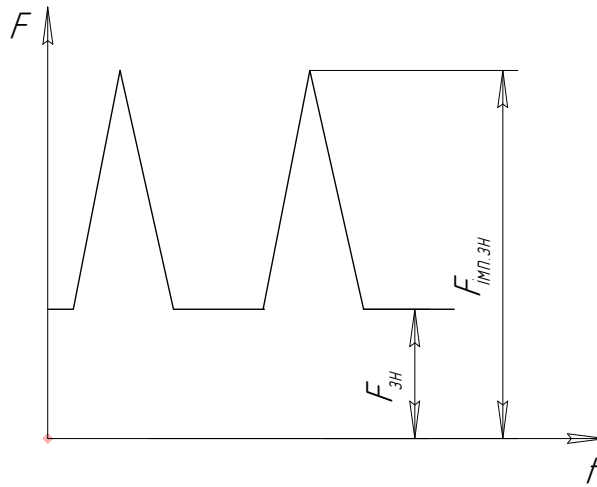


Рисунок 3 – Циклограма силового впливу на жом при віброударному пресуванні.

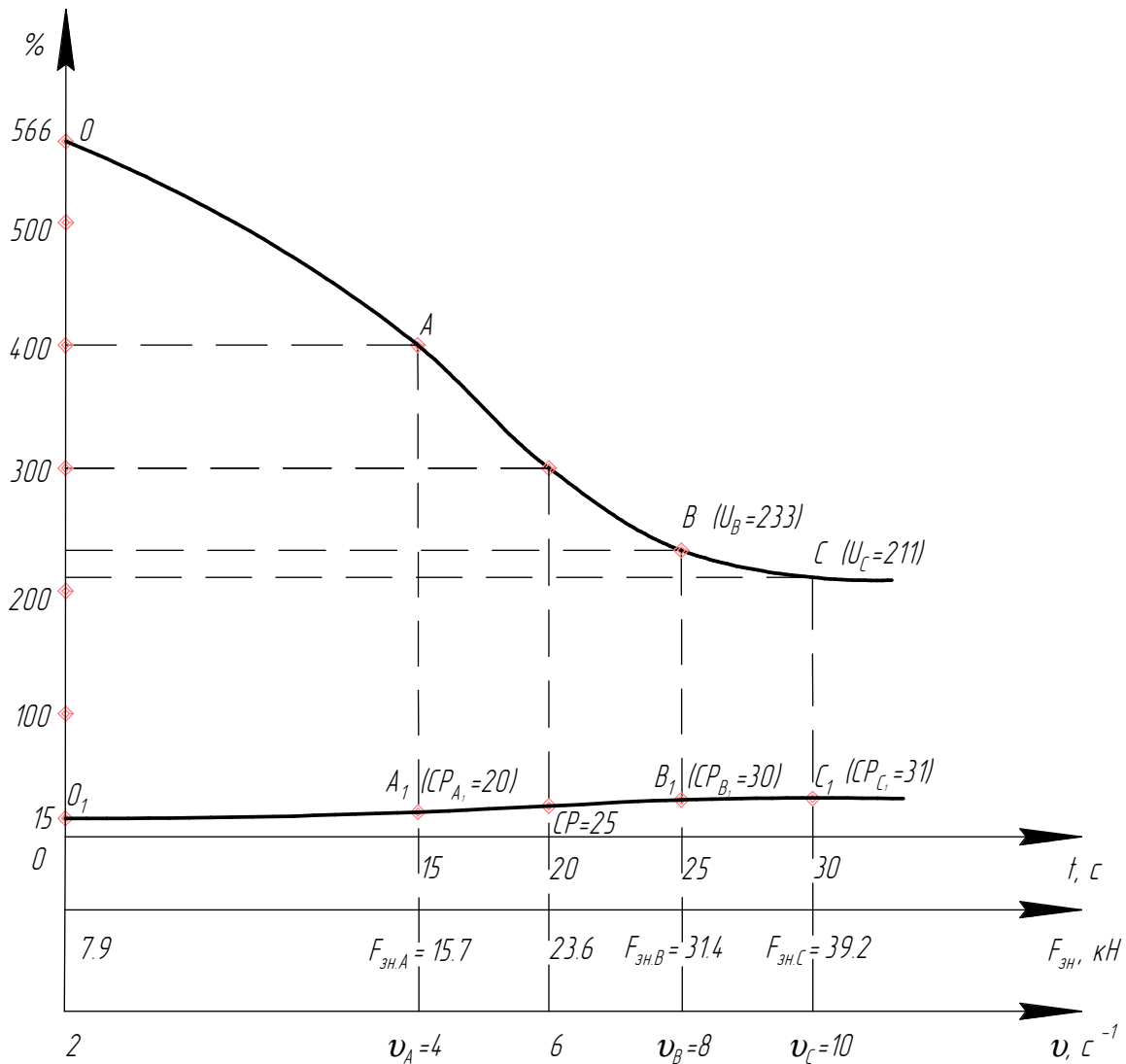


Рисунок 4 – Графіки зміни вологовмісту $U\%$ (крива O-A-B-C) та вмісту сухої речовини $CP\%$ (крива $O_1-A_1-B_1-C_1$) жому цукрового буряка при його механічному зневодненні шляхом віброударного пресування.

Було проведено ряд експериментів спрямованих на дослідження впливу основних параметрів вібраційного пресування та визначення його ефективних режимів. За результатами цих робіт було отримано стабільний та ефективний процес зневоднення жому цукрового буряка (рис. 4).

З графіків на рисунках 1 та 4 видно, що віброударне та статичне пресування аналогічно впливають на характер зміни властивостей бурякового жому. При віброударному зневодненні від робочої ланки преса жому передається кінетична енергія, яка спочатку в повній мірі поглинається рослинною масою, спричиняючи її пластичне деформування, повітрям, що вміщене в жомі, та механічно зв'язаною водою забезпечуючи їх швидке видалення. По мірі видалення повітря та води і зростання пластичної деформації збільшуються пружні властивості жому таким чином енергія отримана від робочої ланки преса рівномірніше розповсюджується в ньому. При цьому зростає ймовірність збільшення частоти коливання частинок клітинної структури жому, наслідком чого є руйнування осмотичних та міжмолекулярних зв'язків за рахунок збільшення внутрішньої енергії останніх[4], а також спостерігатиметься швидкий рух механічно зв'язаної води в капілярному і міжстружковому просторі за рахунок отриманої кінетичної енергії удару, та передислокації стружки жому в об'ємі пресформи. По мірі ущільнення клітинної структури та міжстружкового простору жому залишок води вміщеної в ньому замикається, а його пружні властивості стають чітко вираженими, таким чином зумовлюючи припинення процесу зневоднення. Використання віброударного способу для механічного зневоднення жому цукрового буряка дозволяє отримати кінцевий продукт, вологовміст якого становить 211%, що відповідає вмісту сухої речовини 31% при тривалості циклу пресування 30 с., початковому вологовмісті жому 566%, та короткотривалих силових навантаженнях 380 кН.

ВИСНОВКИ

Відомо[2], що для забезпечення найбільш швидкого виведення вологи з жому необхідно здійснювати його віджимання при температурі 50-55° С, а

також рН <6,0. При проведенні досліджень на базі ВНТУ зазначені вище умови не були забезпечені, що говорить про можливість отримання кінцевого продукту вищої якості при застосуванні розглянутого способу механічного зневоднення жому в промислових умовах.

Враховуючи приведені вище результати досліджень порівняння таких способів механічного зневоднення, як статичне та вібраційне пресування, можна вважати теоретично обґрунтованою доцільність впровадження останнього в технологічні процеси переробної та комбікормової промисловості. Для реалізації процесів віброударного пресування вторинних продуктів харчових переробних виробництв доцільно використовувати обладнання з гідроімпульсним приводом, що дозволить змінювати основні параметри переробних технологічних процесів в широкому діапазоні і, відповідно, є достатньо універсальним[5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Архипович, Николай Александрович. Общая технология сахаристых веществ. – Киев, «Вища школа», 1970. – 518 с.
2. Орлов В. Д. и др. Производство сушеного свекловичного жома. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 113 с.
3. Г.А. Хайлис. Механика растительных материалов. Киев, УААН, 1994.
4. І.В. Севостьянов, Р.Д. Іскович-Лотоцький, О.В. Поліщук. Особливості віброударного зневоднення продуктів переробних виробництв// Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Луцьк: ЛДТУ, - Вип. 20(травень2007). – с. 443-446.
5. Іскович-Лотоцький Р. Д. и др. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Іскович-Лотоцький, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К.: Техніка, 1982. – 208 с.