

Внаслідок зростання гальмівного моменту можна значно пришвидшити зупинку підйомної установки, підвищивши її продуктивність. Однак, у цьому випадку, значно зростає максимальне значення сили пружності, що виникає в коротшій вітці канату (якщо $M_f=500000$ Н·м, то $N_{21max}=177800$ Н і $k_{дин,21}=2,092$).

Для випадку, коли скіп не завантажений ($m_2=8500$ кг), максимальне динамічне навантаження не перевищує допустимого значення. Однак, для завантаженої підйомної посудини ($m_2=16960$ кг) максимальні динамічні навантаження перевищують допустимі значення ($N_{21max}=258700$ Н). Окрім цього, надто велике значення сповільнення ($a=4,202$ м/с²) спричиняє значні навантаження на елементи конструкцій, а також на людей під час їх спуску чи підймання.

Рациональним режимом гальмування для підйомної установки інженерної споруди шахтного типу із завантаженою підйомною посудиною, що опускається, можна вважати режим, для якого гальмівний момент дорівнює $M_f=200000$ Н·м. У цьому випадку максимальне значення сили пружності, що виникає в коротшій вітці канату, дорівнює $N_{2max}=190800$ Н, коефіцієнт динамічності становить $k_{дин,21}=1,136$, сповільнення дорівнює $a=2$ м/с².

Література

1. Весницький А.И. Теория колебаний распределенных параметрических систем / А.И. Весницький, А.И. Потапов. – Горький : Изд-во Горьковского ун-та, 1980. – 87 с.
2. Горошко О.А. Введение в механику деформируемых одномерных тел переменной длины / О.А. Горошко, Г.Н. Савин. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1971. – 224 с.
3. Грядущий Б.А. Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок / Б.А. Грядущий // Збірник наукових праць НДІ гірничої механіки ім. М.М. Федорова. – Донецьк : Вид-во НДІ гірничої механіки ім. М.М. Федорова, 2005. – Вип. 99. – 278 с.
4. Дворников В.И. Теоретические основы динамики шахтного подъемного комплекса / В.И. Дворников, Р.Е. Кьерцелин. – София : Изд-во МОНТ, 1992. – 363 с.
5. Дворников В.И. Теория и моделирование динамического состояния шахтного подъемного комплекса : дис. д-ра техн. наук / В.И. Дворников. – Донецк, 1989. – 385 с.
6. Димашко А.Д. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины : справочник / А.Д. Димашко, И.Я. Гершиков, А.А. Кривневич. – М. : Изд-во "Недра", 1974. – 363 с.
7. Комбинированная методология расчетных систем. Cabinet mythology for analysis of rotary systems. Huang Yuan Mao, Wang Chin – Ming, 2001. – 123 с.
8. Нестеров П.П. Теория и практика подъема / П.П. Нестеров. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1975. – 354 с.
9. Трибухин В.А. Обоснование параметров систем торможения многоканатных подъемных машин с многомодульным дисковым тормозом : дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.06 – "Гірничі машини" / НИИ горной механики им. М.М. Федорова / В.А. Трибухин. – Донецк, 2003. – 165 л.
10. Бежок В.Р. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок / В.Р. Бежок, Б.Н. Чайка, Н.Ф. Кузьменко и др. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Недра", 1982. – 391 с.
11. Бежок В.Р. Неисправности шахтных подъемных установок / В.Р. Бежок, Р.Я. Грузутин, В.Г. Калинин и др. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Недра", 1991. – 368 с.
12. Складар Н.А. Выбор и обоснование параметров дискового тормозного устройства шахтной подъемной машины / Н.А. Складар, ДонНТУ. [Электронный ресурс]. – Доступный с http://www.nbuv.gov.ua/.../St18_19.pdf.
13. Федоров М.М. Методология динамической теории расчета подъемного канату вертикальной шахты / М.М. Федоров // Записки ин-та горной механики : сб. науч. тр. – К. : Изд-во АН УССР. – 1936. – Вып. 1. – С. 123-129.
14. Флоринский Ф.В. Динамика шахтного подъемного канату / Ф.В. Флоринский. – М. : Изд-во "Углетехиздат", 1955. – 240 с.

Семчук Л.В., Ковальчук Р.А. Расчёт тормозных режимов работы подъёмных установок инженерных сооружений шахтного типа с учётом упруго-инерционных свойств каната

Предложена математическая модель тормозных режимов работы подъемной установки инженерного сооружения шахтного типа с учетом упруго-инерционных свойств каната, длина ветки которого меняется в зависимости от координаты движения барабана. Уравнения движения механической системы записаны с использованием уравнения Лагранжа второго рода на основе применения дискретной расчетной модели со сменными упруго-инерционными параметрами. Приведены результаты числовой реализации построенной модели для подъемной установки в зависимости от глубины шахты и числа звеньев.

Ключевые слова: математическая модель, уравнения движения, подъемная установка, подъемный канат, упруго-инерционные свойства.

Semchuk L.V., Kovalchuk R.A. Calculation of Braking Modes of Lifting Facilities of Engineering Structures in View of Mine Type Elastic-inertial Properties Rope

The mathematical model of brake modes of lift installation of shaft type engineering structures considering elastic-inertial properties of a rope, leg length of which varies depending on the coordination movement of the drum, is proposed. The equations of a mechanical system motion are recorded using Lagrange equation of the second kind on the basis of discrete computational model with interchangeable elastic-inertial parameters. The results of numerical implementation of model constructed for lifting installations, depending on the depth of the mines and the number of units.

Keywords: mathematical model, the equation of the movement, mining elevator, elevating rope, elastic-inert qualities.

УДК 614.28.42:66.047.45

Доц. О.В. Станіславчук, канд. техн. наук –
Львівський ДУ БЖД

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПАСТОПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ

У сучасних умовах стратегічно необхідним для економіки і безпеки нашої держави є встановлення таких принципів державної політики як енергозбереження, економії енергоресурсів, насамперед, нафти та природного газу. До найбільш енергомістких процесів у багатьох галузях промисловості належить сушіння. Внаслідок проведених дослідження сушіння пекарських дріжджів та їх узагальнення встановлено, що фільтраційне сушіння цього біологічно активного пастоподібного матеріалу в стаціонарному шарі у вигляді циліндричних частин має певні переваги, порівняно з іншими методами сушіння.

Ключові слова: сушіння, пекарські дріжджі, пастоподібний біологічно активний матеріал, енергозбереження.

Успішний розвиток економіки нашої держави значною мірою залежить від вирішення проблеми з енергоносіями. Через недостатню кількість власних енергоносіїв майже 25 % валового внутрішнього продукту витрачається на їх імпорт. Витрати на впровадження енергоощадних технологій у кілька разів нижчі від вартості поставок імпортного палива [1]. У сучасних умовах як ніколи стало стратегічно необхідним для економіки і безпеки нашої держави питання енергоощадності, тому серед основних принципів державної політики у цій площині передбачено значне посилення роботи у напрямку енергозбереження, економії енергоносіїв, насамперед нафти та природного газу.

До найбільш енергомістких процесів у багатьох галузях промисловості належить сушіння, на яке витрачається 8-10 % від усієї енергії – основну кіль-

кість тепла отримують спалюванням первинних енергоресурсів, ККД використання яких становить приблизно ~ 40-50 % [2].

Сушіння біологічно активних матеріалів, а саме пекарських дріжджів, яке здійснюється конвективним методом або в киплячому шарі, характеризується не тільки значним споживанням енергії, а й винесенням дрібнодисперсної фази у робоче приміщення, що несприятливо впливає на стан здоров'я працівників, а також призводить до порушення однорідності штаму біологічно активного продукту. Причиною утворення дрібнодисперсної фази під час сушіння дріжджів у киплячому шарі є їх стирання до стінок апарату і при контакті між собою.

Через те, що матеріал містить вологу, різну за природою зв'язку, процес сушіння здійснюють у двох апаратах. У першому апараті зневоднення проводять до першої критичної вологості, тобто, коли вивільняється вільна міжклітинна волога. Після цього матеріал перевантажується у другий апарат – киплячого шару, де здійснюється вивільнення осмотичної та адсорбційно утримуваної вологи. Весь процес сушіння триває протягом 2,5-3 год. Окрім цього, в технологічну схему входить пилоочисна апаратура для здійснення тонкого очищення відпрацьованого повітря від частинок (клітин) матеріалу, що виносяться з його потоком. Унаслідок використання активного гідродинамічного режиму сушіння до 10 % висушеного матеріалу набуває розмірів пилу за рахунок його стирання. Варто нагадати, що 1 г товарних дріжджів може містити кілька мільярдів клітин, тобто про ступінь очищення повітря в цьому випадку говорити зайве і небезпека забруднення довкілля біологічно активним матеріалом є цілком реальною.

Технологію сушіння можна змінити, використовуючи сушіння у щільному шарі, коли теплоносій рухається в напрямку зовнішня поверхня шару → перфорована перегородка за рахунок створення перепаду тисків. У цьому разі відсутнє стирання матеріалу і його винесення із зони сушіння, внаслідок чого зникає необхідність у встановленні пилоочисного обладнання. Покращуються стан повітря у виробничій зоні. Разом з тим, відбувається зростання поверхні контакту фаз і зростання відносної швидкості руху теплоносія відносно поверхні частин висушуваного матеріалу. За певної швидкості руху теплоносія відбувається механічне винесення вологи із шару матеріалу, практично без затрат теплової енергії. Все це призводить до значної інтенсифікації зневоднення дріжджів за одночасного зменшення питомих енергозатрат.

Однак сушіння дріжджів у суцільному шарі фільтраційним методом має недолік, який зумовлений низькою газопроникністю шару матеріалу і значним його гідравлічним опором. Низька газопроникність не дає змоги підвести в зону сушіння необхідну кількість теплової енергії і процес відбувається з низькою інтенсивністю.

Вирішення проблеми збільшення інтенсивності підведення тепла до шару висушуваного матеріалу створенням штучної пористості не дало очікуваних результатів. Тому було досліджено можливість підвищення інтенсивності підведення тепла в об'єм шару дріжджів за рахунок його підведення теплопровідністю. Об'ємну металеву сітку розміщали в шарі матеріалу так, що верхня її частина знаходилася над його поверхнею, а нижня – втоплена в шарі. Верхня частина сітки контактувала із нагрітим теплоносієм, нагрівалась і тепло передавала в зону сітки, занурену у вологий матеріал, кондуктивним методом. При цьому пере-

пад тисків створювався періодично і, частково утворена пара від нагрівання і, пара, утворена під час сушіння, виносилася із пористої структури шару.

Такий процес зневоднення дріжджів відбувається значно інтенсивніше, ніж звичайне фільтраційне сушіння. Однак виникає складність із практичною реалізацією такого зневоднення, оскільки сітку необхідно звільнити від твердої сухої маси, яка за рахунок адгезійних сил покриває її поверхню. Суха дріжджова маса має низький коефіцієнт теплопровідності, що зменшує потік тепла в об'єм вологого шару.

Наступним етапом дослідження було створення умов для подальшої інтенсифікації сушіння збільшенням газопроникності шару вологого матеріалу. Для цього із суцільної вологої маси дріжджів формувалися циліндричні частини однакового діаметра. Шар матеріалу, утворений такими циліндричними частинками, має значно менший гідравлічний опір і велику газопроникність.

За цих умов забезпечується висока інтенсивність підведення теплової енергії в зону сушіння і, відповідно, висока інтенсивність зневоднення шару матеріалу. Окрім цього, що зневоднення матеріалу, сформованого у вигляді циліндричних частинок, відбувається з низькими питомими енергетичними затратами, його легко реалізувати у промислових умовах.

У лабораторних умовах вивчено гідродинаміку і кінетику сушіння, визначено найсприятливіші умови реалізації зневоднення шару дріжджів, із покращенням їх якості. Отримані гідродинамічні залежності, представлені на рис. 1 та 2, мають параболічний характер, що свідчить, що втрати напору в шарі зумовлені як інерційними, так і в'язкісними складниками. Узагальнення результатів гідродинаміки дало змогу отримати розрахункові залежності

$$\Delta P = 1367 \cdot H^{0.54} \cdot \omega_0 + 254 \cdot H^{0.23} \cdot \omega_0^2, \quad (1)$$

де: ΔP – гідравлічний опір сухого шару матеріалу, Па; H – висота шару висушуваного матеріалу, м; ω_0 – фіктивна швидкість теплоносія крізь шар висушуваного матеріалу, м/с.

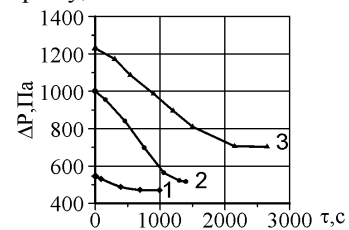


Рис. 1. Зміна гідравлічного опору вологого шару пекарських дріжджів, сформованих у вигляді циліндричних частинок, у часі за змінної його висоти, $d = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м, $T = 50$ °С: 1) $H = 2 \cdot 10^{-2}$ м; 2) $H = 4 \cdot 10^{-2}$ м; 3) $H = 6 \cdot 10^{-2}$ м

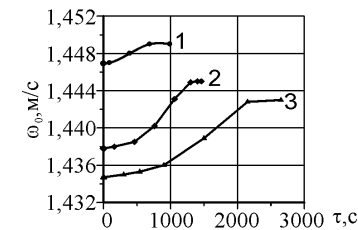


Рис. 2. Зміна швидкості руху теплоносія через шар пекарських дріжджів, сформованих у вигляді циліндричних частинок, за змінної його висоти, $d = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м, $T = 50$ °С: 1) $H = 2 \cdot 10^{-2}$ м; 2) $H = 4 \cdot 10^{-2}$ м; 3) $H = 6 \cdot 10^{-2}$ м

Рівняння (1) дає змогу прогнозувати процес сушіння пекарських дріжджів у вигляді вермішелі для заданих висот шару висушуваного матеріалу.

Кінетичні криві фільтраційного сушіння дріжджів мають класичний характер і складаються з першого та другого умовного періодів (рис. 3).

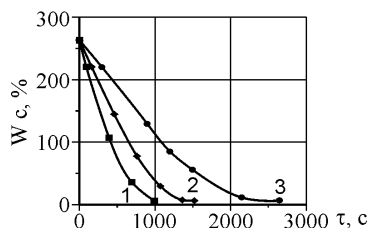


Рис. 3. Кінетичні криві сушіння циліндричних частинок пекарських дріжджів за змінної висоти шару, $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $d = 2,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$:

1) $H = 0,015\text{ м}$;

2) $H = 0,04\text{ м}$;

3) $H = 0,06\text{ м}$

Для узагальнення першого умовного періоду використано математичну модель [3] і розрахункову залежність, отриману аналітично

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha \cdot \tau \cdot e^{-\alpha \cdot H}, \quad (2)$$

де: W_0 , W – відповідно початкова і текуча вологість матеріалу, %; α і α_k кінетичні коефіцієнти, 1/с і 1/м відповідно; τ – час, с.

Кінетичний коефіцієнт α залежить від температури і гідродинамічних умов процесу, а кінетичний коефіцієнт "a" залежить від структури і природи зв'язку вологи з матеріалом. Внаслідок узагальнення кінетики процесу сушіння досліджуваного матеріалу отримано залежність для розрахунку α

$$\alpha = 3,4 \cdot 10^{-9} \cdot T^{2,65} \cdot \Delta P^{0,495}, \quad (3)$$

а також розрахункову залежність для прогнозування процесу сушіння у першому умовному періоді

$$W = W_0 \left(1 - 3,4 \cdot 10^{-9} \cdot T^{2,65} \cdot \Delta P^{0,495} \cdot \tau \cdot e^{-25,25 \cdot H} \right), \quad (4)$$

де T – температура теплоносія, К. Для узагальнення кінетики сушіння у другому умовному періоді використано залежність [4]

$$\frac{W - W_p}{W_{кр} - W_p} = e^{-\chi \cdot N \cdot (\tau - \tau_{кр})}, \quad (5)$$

внаслідок математичного перетворення якої отримано залежність для розрахунку поточної вологості досліджуваного біологічно активного матеріалу:

$$W = (W_{кр} - W_p) \cdot e^{0,058 \cdot (\tau - \tau_{кр})} + W_p, \quad (6)$$

де: $W_{кр}$ – критична вологість матеріалу, %; W_p – рівноважна вологість матеріалу, %; $\tau_{кр}$ – тривалість сушіння у першому періоді, с.

За рівняннями (4) і (6) можна розрахувати відповідно потокові значення вологості у першому та другому умовному періодах і загальну тривалість сушіння до досягнення певної вологості висушуваного матеріалу. Отже, на основі результатів проведених досліджень та їх узагальнення можна зробити висновок, що фільтраційне сушіння такого біологічно активного пастоподібного матеріалу як пекарські дріжджі у стаціонарному шарі у вигляді циліндричних частин має певні переваги, порівняно з іншими методами сушіння.

Передусім, це значне зменшення енергетичних затрат на здійснення процесу, оскільки його тривалість скорочується майже у 6 разів. Окрім цього, не відбувається винесення дрібнодисперсної фази в навколишнє середовище, що позитивно впливає як на стан повітря в робочій зоні, так і зберігається однорід-

ність штаму біологічно активного матеріалу. Відповідно, зникає необхідність у встановленні дорогого пилоочисного обладнання, яке є необхідним за використання інших методів сушіння. Варто зауважити також, що якість готового продукту за використання фільтраційного методу сушіння значно покращується.

Література

1. Штонь І. Не гріймо небо і землю / І. Штонь // Надзвичайна ситуація : зб. наук. праць. – 2006. – № 2. – С. 22-25.
2. Снежкин Ю.Ф. Состояние и перспективы развития сушильной техники в Украине / Ю.Ф. Снежкин // Современные энергосберегающие тепловые технологии (Сушка и тепловые процессы), СЭТТ – 2005 : тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф. – М. : Изд-во ИТТФ НАНУ, 2005. – С. 225-229.
3. Ханьк Я.М. Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов : дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.17.08 – "Процессы и аппараты химических технологий" / Я.М. Ханьк. – Львов, 1992. – 401 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М. : Изд-во "Энергия", 1968. – 472 с.

Станиславчук О.В. Проблемы энергосбережения и безопасности труда в производстве биологически активных пастообразных материалов

В современных условиях стратегически необходимым для экономики и безопасности нашего государства является установление таких принципов государственной политики как энергосбережения, экономии энергоресурсов, прежде всего нефти и природного газа. К наиболее энергоёмким процессам во многих отраслях промышленности принадлежит сушка. В результате проведенных исследований сушки пекарских дрожжей и их обобщения установлено, что фильтрационная сушка этого биологически активного пастообразного материала в стационарном слое в виде цилиндрических частичек имеет определенные преимущества, по сравнению с другими существующими методами сушки.

Ключевые слова: сушка, пекарские дрожжи, пастообразный биологически активный материал, энергосбережение.

Stanislavchuk O.V. Energy Saving and Occupational Issues in the Production of Biologically Active Slurry Materials

In modern conditions it is strategically necessary for the economy and security of our country to establish the principles of state policy concerning energy efficiency and energy savings, especially of oil and natural gas. Drying is one of the most energy-intensive processes in many industries. On summarising the obtained research results of baker's yeast drying it was found that filtration drying of biologically active slurry material in stationary layer in the shape of cylindrical parts has certain advantages over other existing methods of drying.

Keywords: drying, baker's yeast, slurry biologically active material, energy saving.