

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

На правах рукопису

УДК 66.047.45

ІЛЬКІВ ІВАН МИКОЛАЙОВИЧ

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНОГО
СУНІННЯ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ КОЛОЇДНИХ МАТЕРІАЛІВ
ПРИ ЗМІННИХ РЕЖИМАХ

05.17.08 - процеси, машини та апарати хімічних та
нафтопереробних виробництв

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 1998

Дисертація в рукопис.

Робота виконана на кафедрі хімічної інженерії та промисловій екології Державного університету "Львівська політехніка"

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Мааяк Зеновій Кліанович

Офіційні опоненти - Академік АІН України,
доктор технічних наук, професор
Гірник Микола Лукіч

- кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
Андрійчук Михайло Іванович

Провідна установа - Проектно-конструкторський технологічний
інститут, м. Ів-Франківськ

Захист відбудеться "29" 03 1996 р.
о 15⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.06.08
при Державному університеті "Львівська політехніка" за адре-
сою: 290646, Львів-13, пл. Св. Юра 3/4, корп. 8, ауд. 339.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного
Університету "Львівська політехніка" за адресою: Львів-13,
вуд. Професорська 1.

Автореферат розіслано "27" 02 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради Д 04.06.08
доктор хімічних наук, професор *В.М. Жизневський*

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00740250 (1)

В. Стефаника
Н України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В сучасних умовах при обмежених паливно-енергетичних і сировинних ресурсах важливе значення набувають питання розробки раціональних режимів сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів, підвищення ефективності функціонування сушильного обладнання.

Сучасні промислові установки - значні споживачі теплової енергії, на їх долю приходить біля 20-30% усіх енергетичних затрат, пов'язаних з технологічною обробкою. З метою зниження енергоспоживання основний напрям досліджень спрямований на розробку прогресивних технологій та обґрунтування раціональних енергоощадних режимів збезводнення даного класу матеріалів. Найбільшого поширення в практиці сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів отримало камерне сушіння - використанням установок періодичної дії, при якому висушуваний матеріал контактує із циркулюючим теплоносієм з постійними температурно-вологісними характеристиками. Застосування змінних режимів значно підвищує техніко-економічні показники роботи технологічного обладнання і веде до підвищення інтенсивності процесів висушування матеріалів. Проте такі режими у промисловості ще не знайшли широкого впровадження, що пояснюється, перш за все, недостатньою їх вивченістю та відсутністю інженерних методів їх розрахунку.

Дисертаційна робота виконувалась згідно плану науково-дослідних робіт ДУ "Львівська політехніка" кафедри ХІПЕ "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології" у відповідності з науково-технічною програмою Міністерства освіти України (N держ. реєстрації 0194UD29586).

Мета роботи. Теоретичне обґрунтування та практична розробка циклічних режимів камерного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів.

У відповідності до поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- розробка методичних основ формалізації зв'язаного тепломасообміну процесів сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів з використанням циклічних режимів;
- розробка ефективних алгоритмів розрахунку топології параметрич-

них температурно-вологісних полів у висушуваному матеріалі;
- обґрунтування параметрів та розробка циклічних режимів сушіння.

Наукова новизна. Розроблено математичні моделі процесів конвективного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів при змінних режимах на базі системи диференціальних рівнянь в часткових похідних і на їх основі моделюючі алгоритми для числового розв'язування лінійних і нелінійних задач. Досліджено процеси висушування для виявлення оптимальних умов реалізації, що проявляються у формуванні відповідного температурного поля в твердому пористому тілі при умові досягнення максимального перепаду температури між центральним і поверхневим шаром при незмінній температурі центрального шару матеріалу в процесі вологовидалення. Вивчено процес сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів при змінних режимах в яких позитивна дія явища термодифузії приводить до зменшення часу сушіння і енергетичних затрат.

Практична цінність. Розроблено циклічні режими камерного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів та інженерні методи розрахунку процесу сушіння при осцилюючих режимах. Визначені оптимальні умови реалізації процесів сушіння при змінних режимах, які впроваджені у виробництво на Волехівському лісокомбінаті (Ів-Франківська обл.). Розроблена технологія сушіння дозволила на 20-25% зменшити енергетичні затрати і на 30-35% збільшити продуктивність існуючого обладнання.

Основні положення, які виносяться на захист:

- математична модель зв'язаного тепломасоперенесення процесу сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів при використанні циклічних режимів;
- алгоритми розрахунку топології параметричних температурно-вологісних полів у висушуваному матеріалі;
- розробка методики та інженерних методів розрахунку енергоощадних циклічних режимів камерного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів.

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідалися і обговорювалися на республіканській науково-технічній конференції "Розробка прогресивних способів сушіння різних матеріалів і виробів на основі досягнення теорії тепло- і масообміну" (Черкаси, 1987), VII і VIII республіканських конференціях "Підвищення ефективності, вдосконалення процесів і апаратів хімічних вироб-

ництв" (Львів 1988, Дніпропетровськ 1991) та науково-технічних конференціях Державного університету "Львівська політехніка" (1986 - 1995р).

Публікації результатів досліджень. Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень викладені у восьми наукових працях, з них чотири тезів доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків.

Матеріали дисертаційної роботи викладені на 128 сторінках машинописного тексту, включають 12 рисунків, 4 таблиці. В бібліографії приведено 100 джерел. Додатки складають 39 сторінок.

Вклад автора в розробку наукових результатів, що виносяться на захист, є основним.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано доцільність і актуальність роботи, її мету, наукову новизну, практичну цінність. Наводиться інформація про основні аспекти, що виносяться на захист, апробацію роботи, публікації і структуру роботи.

В першому розділі викладено літературний огляд, в якому приводиться матеріал, що торкається моделювання процесів висушування, використання змінних режимів та сушіння деревини в промислових умовах, Обґрунтовано мету і задачі дослідження, які полягають в створенні математичних моделей процесів сушіння, алгоритмів їх числової розв'язки, перевірки адекватності на основі експериментальних даних і оптимізації процесу в промислових умовах.

В другому розділі представлена загальна характеристика процесів сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів, приводяться теоретичні основи зв'язаного тепломасопереносу і на цій основі синтезуються математичні моделі процесів сушіння при змінних режимах у вигляді системи диференціальних рівнянь у частинних похідних. Для бруска при змінному коефіцієнті вологopровідності модель має вигляд:

$$\frac{d t}{d \tau} = a_r \left(\frac{d^2 t}{d x^2} + \frac{d^2 t}{d y^2} \right) + \frac{\epsilon r c}{c} \frac{d U}{d \tau}$$

$$\frac{dU}{d\tau} = a_m \left(\frac{d^2U}{dx^2} + \frac{d^2U}{dy^2} \right) + \frac{da_m}{dx} \frac{dU}{dx} + \frac{da_m}{dy} \frac{dU}{dy} +$$

$$+ a_m \delta \left(\frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} \right) + \delta \left(\frac{da_m}{dx} \frac{dt}{dx} + \frac{da_m}{dy} \frac{dt}{dy} \right)$$

$$0 < x < R_1 ; \quad 0 < y < R_2$$

Початкові умови

$$t|_{t=0} = t_0 = \text{const} ; \quad U|_{t=0} = U_0 = \text{const}$$

Умови симетрії

$$\left(\frac{dU}{dx} \right)_{x=0} = \left(\frac{dU}{dy} \right)_{y=0} = \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x=0} = \left(\frac{dt}{dy} \right)_{y=0} = 0$$

Граничні умови

а. Вологий стан на поверхні

$$\text{В } P_S (1 - \varphi) = - a_m \rho_0 \left[\left(\frac{dU}{dx} \right)_{x=R_1} + \delta \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x=R_1} \right]$$

$$\text{В } P_S (1 - \varphi) = - a_m \rho_0 \left[\left(\frac{dU}{dy} \right)_{y=R_2} + \delta \left(\frac{dt}{dy} \right)_{y=R_2} \right]$$

$$\alpha (t_u + \Delta t \cos 2\pi\nu_p\tau - t_n) =$$

$$- \lambda \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x=R_1} + (1 - \varepsilon) \gamma_c \text{В } P_S (1 - \varphi)$$

$$\alpha (t_u + \Delta t \cos 2\pi\nu_p\tau - t_n) =$$

$$- \lambda \left(\frac{dt}{dy} \right)_{y=R_2} + (1 - \varepsilon) \gamma_c \text{В } P_S (1 - \varphi)$$

б. Гігроскопічний стан на поверхні

$$K \cdot R_1 (W - U_p) = - a_m \left[\left(\frac{dU}{dx} \right)_{x=R_1} + \delta \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x=R_1} \right]$$

$$K R_2 (W - U_p) - a_m \left[\left(\frac{dU}{dy} \right)_{y=R_2} + \delta \left(\frac{dt}{dy} \right)_{y=R_2} \right]$$

$$\alpha (t_{II} + \Delta t \cos 2\pi\nu_p\tau - t_n)$$

$$- \lambda \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x=R_1} + (1 - \varepsilon) r_c K R_1 (W - U_p)$$

$$\alpha (t_{II} + \Delta t \cos 2\pi\nu_p\tau - t_n) -$$

$$- \lambda \left(\frac{dt}{dy} \right)_{y=R_2} + (1 - \varepsilon) r_c K R_2 (W - U_p)$$

$$W = \frac{1}{R_1 R_2} \int_0^{R_1} \int_0^{R_2} U \, dx \, dy$$

$$a_m = a_{m0} (1 + K_m) \left(\frac{T}{273} \right)^{14}$$

$$U_p = \varphi(t_{II}, U_n)$$

Розрахунок процесу сушіння матеріалу при змінних коефіцієнтах проводився за допомогою моделі у вигляді вказаної вище системи диференціальних рівнянь, яка була замінена еквівалентними рівняннями в кінцевих рівняннях, реалізована за допомогою програми написаної на алгоритмічній мові Фортран-77 і розрахована на персональному комп'ютері IBM-486 PC AT. В цій програмі організовано резервування необхідних масивів, відкриття файлів вхідних і вихідних даних, ввід і вивід вхідних даних для їх контролю, організація процесу обчислень параметрів температури, вологості і середньої вологості і їх вивід у вигляді масивів чи графіків.

Важливим параметром при розв'язанні вище вказаних задач є величина "М", що використовується при виявленні оптимального режиму сушіння

$$M = \frac{\tau_0}{\tau_0 + \tau_n}$$

На рис.1 зображено розвиток нестационарного температурного поля в напрямі однієї координатної осі в твердому пористому тілі протягом часу $\tau = \tau_0 + \tau_n$ на основі розв'язання системи вище приведених рівнянь.

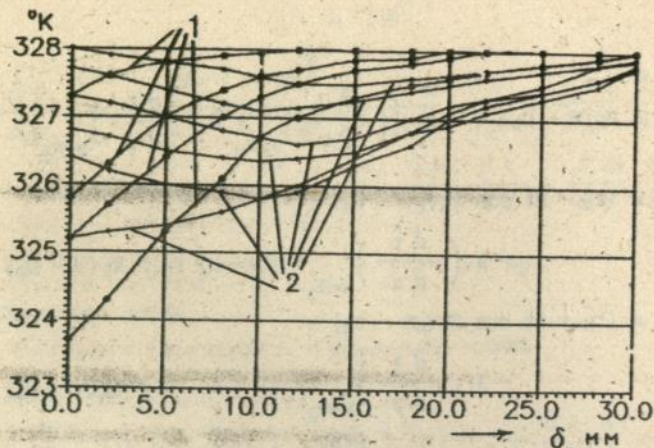


Рис.1. Температурне поле в періоді нагріву і охолодження.
1 - період охолодження
2 - період нагріву

Як безпосередньо впливає з рис.1 протягом періоду охолодження τ_0 явище термодифузії буде стимулювати масоперенос в шарах близьких до поверхні, протягом наступного періоду нагрівання τ_H буде інтенсифікуватися масоперенос в центральних шарах. При зміні цифрового значення M буде змінюватися характер температурного поля в твердому пористому тілі, що дозволяє формувати температурне поле заданої структури.

При дослідженні ставилася задача виявлення оптимального значення M , при якому швидкість процесу висушування буде найбільшою. Швидкість внутрішнього масопереносу є найбільш повільною стадією і лімітує швидкість процесу в цілому. При цьому перепад вологи між центральним і поверхневим шарами в процесі висушування не повинен перевищувати допустимого, оскільки в протилежному випадку понижується якість матеріалу, що висушується.

Дослідження показали, що для того, щоб було можливо скористатися позитивним ефектом термодифузії, аміний режим доцільно проводити, використовуючи метод теплових хвиль, при якому інтенсивність теплообміну в камері змінюється згідно закону гармонійних коливань, що реалізуються по асиметричній косинусоїді. При цьому

виникає екстремальна задача, до якої температури охолоджувати матеріал при заданій температурі нагріву, щоби максимально інтенсифікувати внутрішній масоперенос. Найкращі результати отримано при максимальному перепаді температур при охолодженні між центральним і поверхневим шаром при незмінній температурі центра зразку. При таких умовах зразок, що висушується, охолоджується незначно, що позитивно відбивається на швидкості внутрішнього масопереносу не тільки за рахунок позитивної дії термодифузії, але і по причині незначного зменшення коефіцієнту вологопровідності.

Суть методики розв'язування оптимізаційної задачі зводиться до формування відповідного температурного поля за рахунок надання параметрові M відповідного цифрового значення з використанням методу сканування.

Змінний режим в процесі висушування може реалізуватися тільки по асиметричній косинусоїді, що пов'язано з тим, що швидкість підняття температури в камері визначається потужністю нагрівача повітря в камері, а швидкість охолодження залежить від інтенсивності випаровування і величини тепловтрат через теплоізоляцію сушарки в зовнішнє середовище.

При встановленні інтенсивності випаровування і температури нагріву матеріалу орієнтувалися на стандартні режими, які добре досліджені, що забезпечувало потрібну якість матеріалу, що сушилося. При цьому максимальну температуру нагріву приймали рівною температурі по стандартному режиму, інтенсивність випаровування (що визначається психрометричною різницею) приймали по стандартному режиму, або з деяким перевищенням (до 20%), оскільки збільшення швидкості внутрішнього масопереносу дозволяє збільшувати інтенсивність випаровування. Як показали дослідження, ефективність змінних режимів підвищується з ростом розмірів зразків, що висушуються.

В третьому розділі приведена загальна характеристика існуючих методів вимірювання вологості, а також обґрунтування вибору діелькометричного методу для розробки датчика, який би не тільки підвищував точність вимірювання а й давав інформацію про розподіл вологості по товщині матеріалу.

Поставлена мета досягається тим, що у розробленому пристрої, який складається з системи високо- і низькопотенціальних електродів у вигляді компланарних кілець, закріплених на ізоляційній основі робочі смості між електродами вибирались із умови забезпечен-

ня заданої глибини проникнення електромагнітного поля в висушувачому матеріалі.

За допомогою розробленого датчика було проведено експериментальне дослідження на чорнових заготовках мебельного виробництва (хвоя, бук, дуб), що дозволило побудувати градувальні криві, які і відображають залежність вологовмісту W від робочої ємності C по товщині матеріалу. На рис.2 зображені градувальні криві для бука.

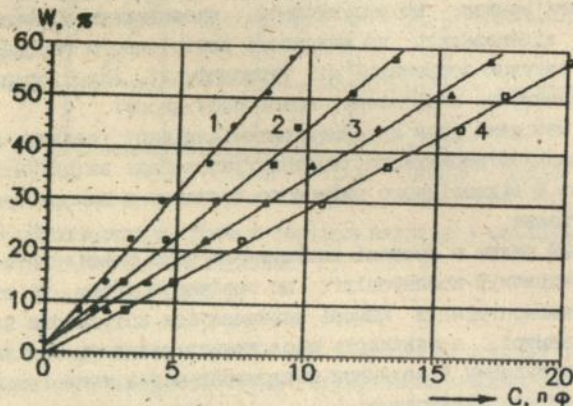


Рис. 2. Градувальні криві визначення вологості по товщині матеріалу для бука.

1,2,3,4 - глибина проникнення електромагнітного поля відповідно: 2мм, 4мм, 8мм, 20мм.

Як показали експериментальні дослідження, глибина проникнення електромагнітного поля приблизно рівна віддалі між електродами. Самі ж віддалі між електродами відповідно дорівнювали: 2мм, 4мм, 8мм, 20мм. Приблизно таким же параметрам дорівнювала ширина низькопотенціальних електродів.

В четвертому розділі приводяться результати досліджень процесів висушування при змінних режимах на промисловому обладнанні в камерах періодичної дії на Волехівському лісокомбінаті.

На рис.3 представлені кінетичні криві сушіння зразків хвойної породи розміром 60*70*1920 мм., що отримані на основі осереднених експериментальних даних, зображених за допомогою кружків трикутників і прямокутників; суцільні лінії відображають результати розрахунків кінетики сушіння за допомогою ЕОМ.

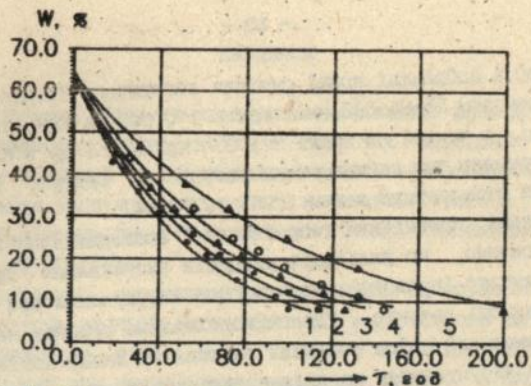


Рис. 3. Криві сушіння хвойних порід (сосна).
1,2,3,4 - максимальне пониження температури в центрі матеріалу відповідно 0.5 °С, 1 °С, 1.5 °С, 2 °С.
5 - температура по товщині матеріалу однакова.

Криві 1 і 2, що характеризуються найбільшою швидкістю висушування, отримані при вищій температурі в центрі, ніж криві 3 і 4. Крива 3 і ще в більшій мірі крива 4 отримані при пониженні температури в центрі, крива 5 - представляє стандартний режим (ГОСТ 19773-84).

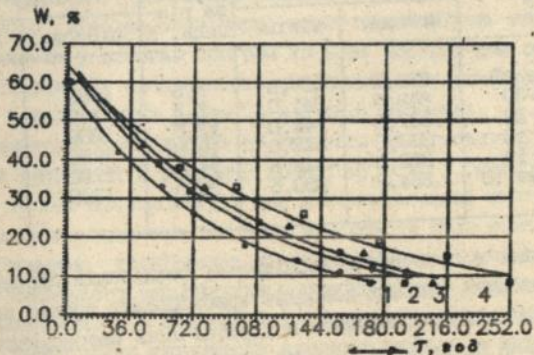


Рис. 4. Криві сушіння твердих порід (бук).
1,2,3 - максимальне пониження температури в центрі матеріалу відповідно 0.5 °С, 1.5 °С, 2 °С
4 - температура по товщині матеріалу однакова

На рис.4 зображені криві сушіння заготовок твердої породи (бука), розміром 55*55*580 мм. Крива 1 отримана при більш високій температурі в центрі як криві 2 і 3. Крива 2 і ще в більшій мірі крива 3 отримані при нижчих температурах в центрі. Крива 4 - представляє стандартний режим (ГОСТ 19773-84).

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що реалізація процесів висушування при змінних режимах дозволяє інтенсифікувати процес висушування при збереженні потрібної якості зразків. Шляхом моделювання процесу на ЕОМ виявлено екстремальний район основних змінних, в якому доцільно проводити процес висушування, що підтверджується експериментальними роботами на промисловому обладнанні.

В таблиці 1 приведена характеристика оптимального змінного режиму для сушіння сосни товщиною 60-70 мм, яку отримано при зміні температури сушильного агента в камері по асиметричній косинусоїді.

Таблиця 1

N стадій	Вологість, %	Температура сушильного агента, °K		Психрометрична різниця, °K	Тривалість періодів (с)	
		Максим.	Мінім.		Охолодж.	Нагрів
1	Вище 40	339,5	337,0	5,5	1080	660
2	40-30	343,5	341,0	7,5	1140	690
3	30-20	347,0	344,0	12,0	1200	720
4	20-15	350,0	347,0	16,5	1260	750
5	15-10	352,0	348,5	21,0	1290	780
6	Менше 10	354,0	350,5	28,0	1320	810

Як впливає з проведених досліджень, реалізація процесу висушування при змінних режимах дозволяє прискорювати процес вологовидалення і тим самим збільшувати продуктивність заводського обладнання. Оскільки затрати енергії на процес прямо пропорційні часу перебування матеріалу в сушарці, то застосування змінних режимів, впроваджених на Волехівському лісокомбінаті (Ів-Франківська обл.), дозволили зменшити питомі витрати: водяного пару з 0,6 т до 0,42 т та електроенергії з 16 до 11 квт-год на 1 м³ висушуваного матеріалу.

ВИСНОВКИ

1. Проведено теоретичне і експериментальне дослідження процесів конвективного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів при змінних режимах з метою розробки енергозберігаючої технології для покращення техніко-економічних показників роботи промислових сушарок (збільшення продуктивності на 30-35% і зменшення енергетичних витрат на 20-25%).

2. Досліджено експериментальним шляхом на промисловому обладнанні можливість значної інтенсифікації внутрішнього масопереносу в твердому пористому тілі, що є найбільш повільною стадією процесу вологовидалення при використанні змінного режиму, в якому температура сушильного агента міняється згідно закону гармонійних коливань по асиметричній косинусоїді, що дозволяє раціонально використати вище термодифузії.

3. Розроблено математичні моделі процесів зв'язаного тепломасообміну камерного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів при змінних режимах на основі системи диференціальних рівнянь в частинних похідних, і уточнено їх параметри на основі одержаних експериментальних даних на промисловому обладнанні.

4. Розроблено, на основі моделей моделюючи алгоритми процесів конвективного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів при змінних режимах у вигляді програм на мові Фортран для реалізації на ЕОМ. Перевірена їх адекватність на основі експериментальних даних, одержаних в промислових умовах в камерних сушарках.

5. Виконано дослідження по розробці експресметоду для вимірювання поля вологості в твердому пористому тілі і розроблено датчик на основі теорії дієлькометрії для автоматизованої системи керування технологічним процесом, що може вимірювати поле вологості.

6. Проведено дослідження кінетики процесів сушіння дерев'яних заготовок мебельного виробництва з використанням комп'ютерної техніки і експериментів в промислових сушарках з метою виявлення впливу різних характерних параметрів змінного режиму на хід процесу сушіння і виявлення умов, що дозволяють вийти на оптимальний варіант реалізації процесу, який пов'язаний з досягненням максимального перепаду температур висихаючого зразку між центральним і поверхневим шаром при незмінній температурі в центрі матеріалу.

7. На основі проведених досліджень розроблено змінні режими процесів сушіння для важковисихаючих матеріалів, що дозволяють покращувати техніко-економічні показники роботи промислового обладнання в порівнянні з існуючою технологією при збереженні потрібної якості аразків.

8. Розроблені змінні режими впроваджені на Волехівському лісокомбінаті (Ів-Франківська обл.), що підтверджено актом впровадження.

Основний зміст дисертаційної роботи зикладений в наступних публікаціях:

1. Мазяк З.Ю., Ильків И.Н. Оптимизация процесса камерной сушки древесины при использовании переменных режимов. // Известия высших учебных заведений. "Лесной журнал" -Архангельск, 1987, т.5, с.69-75.

2. Мазяк З.Ю., Ильків И.Н. Теплообмен в процессах конвективной сушки при переменных режимах. // Известия высших учебных заведений. "Энергетика" -Минск, 1991, т.5, с.107-112.

3. Мазяк З.Ю., Ильків І.М. Використання змінних режимів для інтенсифікації камерного сушіння. // Академія наук України. "Промислова теплотехніка", - К., 1988, т. 10, с.53-56.

4. Мазяк З.Ю., Ильків І.М., Білей П.В. Інтенсифікація процесів конвективного висушування при змінних режимах. // Науковий вісник. Проблеми деревообробного виробництва. Вип.3 -Львів: УкрДЛТУ, 1995, с.106-111.

5. Мазяк З.Ю., Ильків И.Н. Повышение эффективности камерной сушки при использовании переменных режимов. Тезисы научно-технической конференции. // "Разработка прогрессивных способов сушки различных материалов и изделий на основе достижений теории тепло- и массообмена", Черкассы, 1987, с.47-49.

6. Ильків И.Н. Применение ЗЕМ с целью оптимизации процесса камерной сушки дерева. Тезисы VII Республиканской конференции. // "Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств", Львов, 1988, с.86-87.

7. Мазяк З.Ю., Ильків И.Н. Совершенствование технологии сушки. Тезисы VIII Республиканской конференции. // "Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств", Днепропетровск, 1991, с.73-74.

8. Мазяк З.Ю., Ильків И.Н. Оптимізація процесу камерної сушки періодического действия твердых пористых тел при переменных режимах. Тезиси VIII Республіканської конференції. // "Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств", Днепропетровск, 1991, с.147-148.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

t_0, t_p, t_c, t - температура матеріалу початкова, поверхні, центру, біжуча, град; τ - час, с; a_T - коефіцієнт температуропровідності, m^2/c ; x, y - біжучі лінійні розміри, м; $0 < x < R_1, 0 < y < R_2$ де R_1, R_2 - розміри половинок бруска, м; ε - критерій фазового перетворення, $0 < \varepsilon < 1$; g_c - прихована теплота випаровування, Дж/кг вологи; C - теплоємність матеріалу, Дж/кг град; U_0, U_p, U - вологовміст матеріалу початковий, на поверхні, біжучий, кг вологи/кг сухого матеріалу; a_m - коефіцієнт вологопровідності, m^2/c ; δ - термоградієнтний коефіцієнт, 1/град; ρ_0 - густина сухого матеріалу, кг/м³; $t_{ц}, \Delta t$ - середнє значення температури сушильного агента і його максимальнє відхилення, град; α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м² град; λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт/м град; K - коефіцієнт сушіння, 1/с; $\nu_p, (p-1,2)$; ν_1 - частота коливання в періоді охолодження, ν_2 - частота коливання в періоді нагріву; W_0, W - середній по об'єму вологовміст матеріалу початковий, біжучий, кг вологи/кг сухого матеріалу; U_p - рівноважний вологовміст матеріалу, кг вологи/кг сухого матеріалу; K_m - коефіцієнт, що оцінює зміну коефіцієнта вологопровідності, визначається експериментальним шляхом.

АНОТАЦІЯ

Ильків И.Н. Оптимізація процесов конвективної сушки капілярно-пористых коллоїдних матеріалов при переменных режимах.

Дисертація на соискание ученої степені кандидата технічних наук по спеціальності 05.17.08. - процеси, машини і апарати хімічних і нафтехімічних виробств, Государственный университет "Львовская политехника", Львов, 1995.

Защищается восемь работ, в которых рассмотрены вопросы теоретического и экспериментального исследования процессов конвективной

сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов при переменных режимах. Представлены разработанные математические модели процессов конвективной сушки при переменных режимах с постоянными и переменными коэффициентами и на их основе моделирующие алгоритмы, служащие для исследования и оптимизации процессов. Приводятся материалы по исследованию сушки с помощью компьютерной техники с целью выявления влияния основных технологических параметров, определяющих ход технологического процесса. Приводится методика выявления оптимальных условий реализации процессов. Представлены материалы по исследованию кинетики процессов сушки черновых заготовок мебельного производства на промышленном оборудовании и внедрение разработки в промышленных условиях. Представлены материалы, касающиеся разработки измерительного прибора для определения развития поля влагосодержания в твердом пористом теле в процессе влагоудаления на основе дилатометрии.

ABSTRACT

Ilkiv I.M. The optimization of convectional drying process of capillary-porous colloidal materials in variable regimes.

The thesis for Cand. Tech. Sci. degree by specialization 05.17.08 - Processes, machines and apparatus of chemical and oil-chemical productions, State university "Lviv polytechnic", Lviv, 1995.

The eight thesis are being defended. The problems of theoretical and experimental investigation of convectional drying processes of capillary-porous colloidal materials in variable regimes were considered. The elaborated mathematical models of convectional drying processes in variable regimes with invariable and variable coefficients and modelling algorithms on their base, for investigation and optimization processes, are presented. The materials of investigation of drying by means of computers technics with a purpose of showing up the influence of main technological parameters, that determines the course of technological process, are shown. The method of determining

optimum conditions of realization process. The materials of investigation of drying processes kinetics of rough half-finished products of furniture production by means of industrial equipment and introductions of design in industrial conditions are presented. The materials of working out of measuring instruments for determining of moisture content space development in hard porous body are presented.

Handwritten signature or initials

Підп. до друку 21.02.96. Формат 60x84^I/16
Папір друк. № 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 1
Ум.овн. фарб.-відб. 1. Умовно-видав. арк. 0,93
Тираж 100 прим. Зам. 285. Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-13, Ст.Бандери, 12

Дільниця оперативного друку ДУЛП
Львів, вул. Городоцька, 286

ЛНБ ім. М. Старицького
АН України

18
The first part of the report is devoted to a description of the
method used for the determination of the rate constants of the
reaction. The method is based on the measurement of the
initial rate of reaction and is applicable to reactions of
any order. The rate constants were determined from the
initial rates of reaction at various temperatures. The
activation energy of the reaction was calculated from the
Arrhenius plot of the rate constants. The activation energy
is 12.5 kcal/mole. The reaction is first order with
respect to the concentration of the reactant. The rate
constant of the reaction is 0.0012 min⁻¹ at 25°C.

The second part of the report is devoted to a description of the
method used for the determination of the rate constants of the
reaction. The method is based on the measurement of the
initial rate of reaction and is applicable to reactions of
any order. The rate constants were determined from the
initial rates of reaction at various temperatures. The
activation energy of the reaction was calculated from the
Arrhenius plot of the rate constants. The activation energy
is 12.5 kcal/mole. The reaction is first order with
respect to the concentration of the reactant. The rate
constant of the reaction is 0.0012 min⁻¹ at 25°C.

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, which is mostly illegible due to fading and bleed-through.

44306

AB 34.199