

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

На правах рукопису

УДК 66.047.45

АТАМАНЮК ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ

ГІДРОДИНАМІКА ТА МАСООБМІН В ПРОЦЕСІ  
ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ХІМІЧНОГО ВОЛОКНА

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 - 1995



00360403 (G)

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор  
ХАНИК Ярослав Миколайович

Науковий консультант - доктор технічних наук, професор  
ГУМНИЦЬКИЙ Ярослав Михайлович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор  
МАЛЕЖИК Іван Федорович

- кандидат технічних наук, доцент  
ЛАБАЙ Володимир Йосипович

Провідна установа - БАТ "Інститут ГІРХІМПРОМ", м. Львів

Захист відбудеться "26" травня 1995 р.  
о 15<sup>00</sup> 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 ознайомитись в бібліотеці Державного  
Університету "Львівська політехніка" за адресою: Львів-13,  
вул. Професорська 1.

Автореферат розіслано "25" квітня 1995 р.

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

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сушіння є складним тепломасообмінним процесом, який застосовується в основному на заключних стадіях технологічного циклу. Цей процес характеризується великою енергоємністю, металоемністю та низьким коефіцієнтом використання тепла.

В основному процеси сушіння проводяться конвективним, кондуктивним, або конвективно-кондуктивним методами, які не дозволяють досягнути високої інтенсифікації сушіння, що обумовлено ростом параметрів теплового агенту.

Питання інтенсифікації процесів сушіння, зниження енергетичних затрат, вдосконалення конструкцій сушильних апаратів є актуальним особливо на сьогоднішній день, коли гостро стоїть потреба в економії енергоресурсів. В багатьох випадках інтенсифікувати процес сушіння, знизити енерговатрати, вдосконалити конструкцію апаратів, зменшити виробничі площі під сушильне устаткування та знизити забруднення навколишнього природного середовища дозволяє метод фільтраційного сушіння.

Заключною стадією виробництва хімічного волокна є процес сушіння, який в даний час здійснюється конвективним методом в сушарках довжиною 80 метрів, при часі сушіння більше 30 хвилин. Впровадження фільтраційного сушіння дозволить в 5 - 6 разів скоротити тривалість протікання процесу, більше ніж у два рази зменшити енергетичні затрати, спростити конструкцію сушарки, зменшивши при цьому виробничі площі, дозволить проводити рекуперацію шкідливих відходів і тим самим зменшити забруднення довкілля, покращивши умови праці у виробничих приміщеннях.

Дисертаційна робота виконувалась згідно плану науково-дослідної роботи кафедри хімічної інженерії та промислової екології Державного університету "Львівська політехніка" з проблеми "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології" у відповідності з науково-технічною програмою Міністерства освіти України (N держ. реєстрації 0194U029586).

Мета роботи. Дослідження гідродинаміки та масообміну при безперервному фільтраційному сушінні хімічного волокна, для структури якого є характерним явище "сідання". Розробка апарату неперервної дії та створення математичної моделі процесу фільтраційного сушіння.

Наукова новизна. Одержана залежність для визначення втрат напору в шарі сухого і вологого волокнистого матеріалу з врахуванням

умов "сідання" і зміни вологості в часі. Досліджено вплив живого січення перфорації перегородки на втрати напору. Вивчено процес фільтраційного сушіння хімічного волокна при рівномірному та нерівномірному розподілі вологості по поверхні матеріалу і показано, що нерівномірність приводить до зростання часу сушіння і енергетичних затрат. Запропонована математична модель процесу сушіння, яка дозволяє розрахувати час проведення процесу.

Практична цінність. Приведено методику розрахунку сушильного агрегату в залежності від зміни вологості матеріалу в зоні сушіння і швидкості руху теплоносія. Визначено коефіцієнт опору шару волокнистого матеріалу, якому властиве явище "сідання". Спроектована конструкція агрегату для фільтраційного сушіння хімічного волокна. Розроблено документацію і робочі креслення на виготовлення промислового апарату установки фільтраційного сушіння на Сокальському заводі "Хімволокно".

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідались і обговорювались на міжнародній конференції по використанню математичного моделювання на практиці "Applied modelling & simulation" (Lviv, 1993), на науковій конференції "Стан і перспективи розвитку хімічної науки та промисловості в західному регіоні України" (Львів, 1994) та на науково-технічних конференціях Державного університету "Львівська політехніка" (1992 - 1994р).

Публікації. По матеріалах роботи опубліковано чотири статті та двоє тез доповідей на конференціях.

На захист виноситься:

- гідродинаміка шару сухого волокнистого матеріалу, для якого властиве явище "сідання";
- гідродинаміка вологого матеріалу при зміні вологості в часі;
- кінетика сушіння хімічного волокна при рівномірному розподілі вологості по поверхні матеріалу;
- кінетика сушіння хімічного волокна при нерівномірному розподілі вологості по поверхні матеріалу;
- конструкція сушильної установки барабанного типу для безперервного сушіння хімічного волокна;
- методика розрахунку промислової установки, виходячи із результатів досліджень.

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 38 рисунки. В бібліографії приведено 165 джерел. Додатки складають 25 сторінок.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано доцільність та актуальність проблеми, викладена мета роботи, її значимість для науки та техніки.

В першому розділі викладений літературний огляд, в якому проаналізовані методи сушіння листових газопроникних матеріалів, зокрема стрічкових. Показано, що в основному в промисловості вони сушаться конвективним або кондуктивним методами, які характеризуються малою інтенсивністю процесу, енерго- і металоємністю, а сушильні агрегати займають великі виробничі площі. Детально розглянуто періодичний метод фільтраційного сушіння, показано його переваги над конвективним та іншими методами. Приведено основні теоретичні положення тепломасообміну при конвективному і фільтраційному сушінні, а також розглянуто основні фактори, що впливають на процес сушіння. Сформульовані мета і задачі дослідження.

В другому розділі приведена характеристика хімічного волокна, як об'єкту сушіння. Детально описана фізична картина періодичного процесу фільтраційного сушіння. Показано, які фактори позитивно впливають на швидкість протікання фільтраційного тепломасообміну. Аналіз періодичного фільтраційного сушіння показує, що безпосереднє застосування його для безперервних процесів має суттєвий недолік - у зоні масообміну буде знаходитися матеріал з різною вологістю в напрямку його руху. Максимальна вологість буде на вході в сушарку, а мінімальна - на виході із неї. Це може привести до перевитрати теплової енергії, збільшення часу сушіння і розмірів сушильного агрегату. Описані методики досліджень гідродинаміки, динаміки при періодичному процесі та приведена експериментальна установка, зображена на рис.1. Дослідження гідродинаміки проводились як з сухим, так і з вологим матеріалом. Результати експериментальних досліджень для сухого матеріалу представлені на рис.2.

Було встановлено, що при швидкості фільтрації теплоносія, яка перевищує 1.2 - 2.0м/с, має місце значне "сідання" шару (30 - 50%),

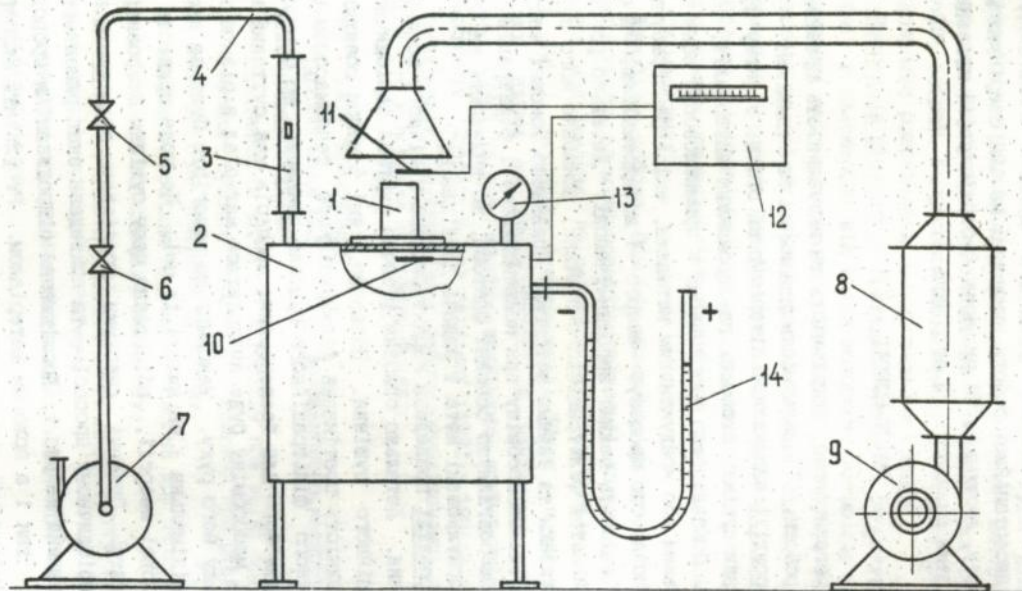
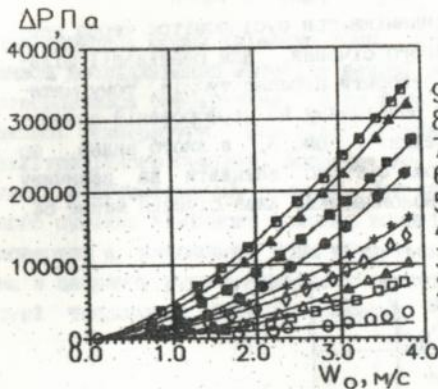


Рис.1. Схема експериментальної установки

1-контейнер, 2-ресивер, 3-ротаметр, 4-система трубопроводів, 5,6-запірний і регулюючий вентилі, 7-вакуум насос, 8-калорифер, 9-вентилятор, 10,11-термопары, 12-потенціометр, 13-вакууметр, 14- U-подібний манометр.



Величини наважок  
хімічного волокна:

- 1 - 5 гр.
- 2 - 10 гр.
- 3 - 15 гр.
- 4 - 20 гр.
- 5 - 25 гр.
- 6 - 30 гр.
- 7 - 35 гр.
- 8 - 40 гр.
- 9 - 45 гр.

Рис.2. Залежність втрат напору  $\Delta P$  від фіктивної швидкості  $\omega_0$  для різних величин наважок (Умовні позначення див. стор. 15).

що суттєво впливає на гідродинаміку і, безумовно, матиме вплив на кінетику сушіння. Отримано залежність зміни гідравлічного опору шару від його товщини, швидкості та початкового вільного об'єму, а також залежність зміни вільного об'єму від величини швидкості фільтрування, які представлені наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\Delta P \cdot \epsilon^3}{H_V \cdot \omega_0 \cdot (1 - \epsilon)} = 1902420 + 133970 \frac{1}{(1 - \epsilon)} \cdot \omega_0 \\ \epsilon = \epsilon_0 \cdot (1 - 5 \cdot 10^{-4} \cdot \epsilon_0 \cdot \omega_0^3) \end{cases} \quad (1)$$

Вивчення гідродинаміки при русі повітря через вологий матеріал показало, що, незважаючи на явище "сідання", гідравлічний опір шару зменшується із зменшенням вологості. Швидкість фільтрування при цьому зростає. Це пояснюється тим, що на величину вільного об'єму впливають два фактори, які приводять до протилежних результатів: процес "сідання" приводить до зменшення вільного об'єму, а зменшення вологості - до його збільшення. Домінуючий вплив в процесі сушіння на гідродинаміку матеріалу має зменшення вологості матеріалу. На основі результатів досліджень отримано залежність (2), яка описує зміну вільного об'єму як від швидкості фільтрування, так і зміни вологості матеріалу

$$\varepsilon = 0.98 \cdot \varepsilon_0 \cdot (1 - 5 \cdot 10^{-4} \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega_0^3) - \frac{W \cdot G_c}{\rho_{\text{вод.}} \cdot S \cdot 100 \cdot H} \quad (2)$$

Одночасно вивчалась гідродинаміка при русі повітря через перфоровані перегородки різного живого січення. Для реалізації фільтраційного сушіння необхідно створити перепад тисків, тому матеріал, як правило, повинен бути розміщений на перфорованій поверхні. Результати досліджень приведені на рис.3, з якого видно, що опір перфорованої перегородки може суттєво впливати на величину загального гідравлічного опору волокна, якщо живе січення менше 5%.

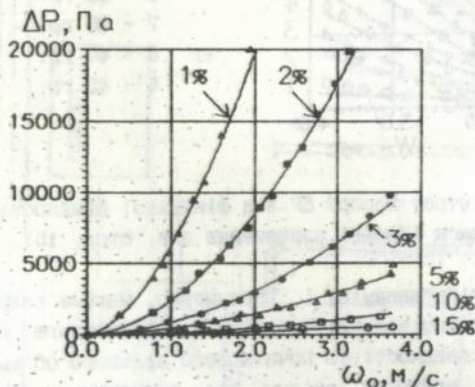


Рис.3. Залежність втрат напору на перфорованій перегородці  $\Delta P$  від швидкості руху теплоносія  $\omega_0$  при різних значеннях перфорації.

На основі результатів досліджень отримана залежність (3), яка дозволяє розрахувати гідравлічний опір перфорованої перегородки в залежності від її живого січення і швидкості фільтрування теплоносія

$$\Delta P_{\text{п.п.}} = 33.84 \cdot \text{Re}^{-0.244} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (3)$$

В третьому розділі приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень кінетики фільтраційного сушіння хімічного волокна. Описані експериментальні установки і методики досліджень. Кінетика фільтраційного сушіння хімічного волокна вивчалась на установці, зображеній на рис.1. Основним елементом її був контейнер

циліндричної форми (діаметр 70мм, висота 120мм), в якому розміщувався досліджуваний матеріал певної маси. Під решіткою контейнера створювалось розрідження, а на його поверхню подавався теплоносія певної температури. Внаслідок перепаду тисків реалізувався процес фільтраційного сушіння. Дослідження проводились, як в періодичному так і в безперервному режимах. При періодичному режимі фільтраційного сушіння хімічного волокна вологість в любому січенні шару по поверхні є однаковою. Вона міняється лише в часі по товщині зразка в напрямку руху теплоносія. Результати досліджень при температурі теплоносія 80°C і перепаді тисків 3450 Па по сухому ма-

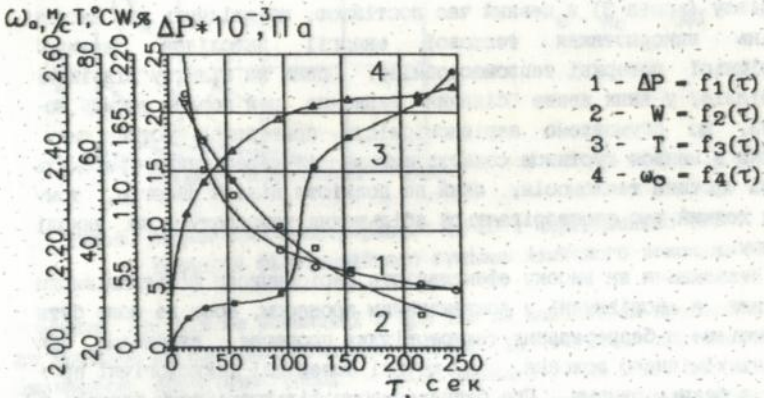


Рис.4 Кінетика сушіння хімічного волокна

теріалу, товщині шару  $4 \cdot 10^{-2}$  м і  $\rho_{\text{пр}} = 139 \text{ кг/м}^3$  показані на рис.4., з якого видно, що процес сушіння (крива 2) протікає після періоду механічного витіснення, у другому умовному періоді. В короткочасний період механічного витіснення відносна вологість матеріалу зменшується з 670 - 720% до 200 - 220% після чого, має місце власне сушіння. Відсутність першого періоду сушіння і наявність другого умовного періоду можна пояснити як структурою шару, так і формою ворсинки волокна. При створенні перепаду тисків має місце суттєве "сідання" шару, яке не є рівномірним по поверхні. Така нерівномірність зростає із зменшенням вільного об'єму шару. Крім цього кожна окрема ворсинка волокна, має неправильну

циліндричну форму, яка нагадує "зубчате колесо", і по довжині ворсинки мають місце мікротріщини, куди попадає волога. Тому при сіданні шару деяка частина поверхні тепломасообміну екранується і не має безпосереднього контакту з теплоносієм. Сушіння в таких зонах лімітується вологопровідністю, що і є основною причиною існування тільки другого умовного періоду. Як видно із рис.4 (крива 1), гідравлічний опір шару зменшується з 25000 Па до 5000 Па разом із зменшенням вологості (крива 2), в той же час швидкість (крива 4) зростає з  $\omega_0=2.0$  до  $\omega_0=2.52$  м/с, тобто на відміну від гідродинаміки сухого матеріалу збільшення швидкості фільтрування не приводить до збільшення опору шару. Це явище пояснюється збільшенням живого січення каналів, по яких рухається теплоносій, із зменшенням вологості матеріалу. Зміна температури повітря на виході із матеріалу (крива 3) є певний час постійною, що свідчить про високу степінь використання теплової енергії внаслідок великої внутрішньої поверхні тепломасообміну. Однак на відміну від інших матеріалів, у яких явище "сідання" незначне, цей період досить короткий, що обумовлено нерівномірністю приведеної густини шару. Ділянки з меншою густиною сохнуть швидше і через них проходить значна частина теплоносія, який не повністю віддає енергію, тому через деякий час спостерігається збільшення температури на виході із шару.

Незважаючи на високу ефективність періодичного фільтраційного сушіння в порівнянні з конвективним процесом, воно не може бути використане в безперервних технологічних процесах, наприклад, при сушінні хімічного волокна, тому що всі попередні технологічні процеси є безперервними. При безперервному фільтраційному процесі в зоні сушіння вологість матеріалу змінюється від максимального значення на вході до мінімального - на виході, що веде при одному і тому ж перепаді тисків до нерівномірного фільтрування теплоносія, обумовленого різним гідравлічним опором сухих і вологих ділянок. Це в свою чергу приводить до зменшення швидкості сушіння, перевитрат теплової енергії. Для вивчення впливу нерівномірного фільтрування теплоносія по поверхні матеріалу на кінетику сушіння були проведені дослідження, які моделюють безперервний процес. У п'ять контейнерів загрузали однакову кількість хімічного волокна з різною початковою вологістю (24%, 56%, 72%, 94%, 660%) і одночасно проводили сушіння. При досягненні рівноважної вологості у контей-

нері з найбільш вологим зразком дослід припиняли. Результати цих досліджень представлені на рис.5, з якого видно, що час сушіння при постійному перепаді тисків залежить від початкової вологості, а висихання всього матеріалу лімітується часом сушіння зразка з найбільшою вологістю. Для порівняння такого процесу з періодичним

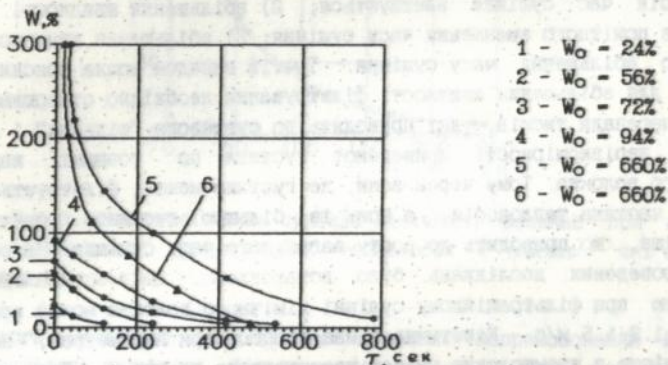


Рис.5. Порівняння безперервного (1-5) і періодичного (6) процесів фільтраційного сушіння хімічного волокна.

сушінням на тій же установці і при тих же параметрах проводились дослідження по вивченню кінетики сушіння із п'ятьма зразками з однаковою вологістю (650% - 670% крива 6). Як видно із рис.5 нерівномірність швидкості фільтрування вздовж зони сушіння приводить до збільшення часу сушіння і відповідно до перевитрати теплової енергії. Тому виникає задача вирівнювання швидкості фільтрування теплоносія по всій поверхні матеріалу, яка знаходиться в зоні сушіння. Узагальнення по кінетиці сушіння при періодичному процесі показало, що на протікання сушіння хімічного волокна суттєво впливає явище "сідання", яке приводить до зменшення вільного об'єму, поверхні масообміну і збільшення приведеної густини. Тому збільшення швидкості фільтрування (збільшення перепаду тисків) по-різному впливає на кінетику сушіння. До досягнення швидкості фільтрування  $\omega_0 = 0.4$  м/с час сушіння зменшується із збільшенням  $\omega_0$ . В цьому діапазоні зміна швидкості не впливає на

зміну приведеної густини. В діапазоні 0.5 - 1.2 м/с зростання швидкості не викликає суттєвої зміни часу сушіння, що пояснюється невеликим ростом приведеної густини і, відповідно, ростом нерівномірності густини шару волокна. Починаючи з  $\omega_0 > 1.2$  м/с час сушіння зростає при збільшенні швидкості фільтрування, що особливо характерне при  $\omega_0 > 2.0$  м/с. Таким чином в кінетиці сушіння хімічного волокна можна виділити три зони: 1) із збільшенням швидкості теплоносія час сушіння зменшується; 2) збільшення швидкості не викликає помітного зменшення часу сушіння; 3) збільшення швидкості веде до збільшення часу сушіння. Третій випадок можна пояснити тим, що для збільшення швидкості фільтрування необхідно створювати значні перепади тисків, які приводять до суттєвого "сідання" і до значної нерівномірності приведеної густини по товщині шару хімічного волокна. Тому через зони, де густина менша, фільтрується основна частина теплоносія, а зони із більшою густиною сохнуть повільніше, що приводить до росту загального часу сушіння. На основі проведених досліджень було встановлено, що оптимальною швидкістю при фільтраційному сушінні хімічного волокна можна вважати  $\omega_0 = 1.2 - 1.5$  м/с. Кінетична крива процесу при параметрах, які мають місце в промислових умовах представлена на рис. 6. Для узагальнення результатів по кінетиці сушіння використано рівняння А.В. Ликова для другого періоду:

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = \exp(-K \cdot \tau), \quad (4)$$

і знайдені коефіцієнти сушіння  $K$  для різних режимів. Зокрема для третього випадку, коли  $\omega_0 > 2.0$  м/с, дослідні результати узагальнені у вигляді залежності між  $K$  і  $\rho_{np}$

$$K = 144884 \cdot \rho_{np}^{-3.27} \quad (5)$$

для висоти шару хімічного волокна, яка має місце в промислових умовах ( $5 \cdot 10^{-2}$  м). Встановлена залежність (6) для визначення довжини зони сушіння  $l$  з врахуванням швидкості переміщення шару волокна  $u$  і його вологості при оптимальних умовах сушіння

$$l = \frac{\theta}{60} \cdot \frac{1}{-144884 \cdot \rho_{np}^{-3.27}} \cdot \ln \left( \frac{W - W_p}{W_0 - W_p} \right), \quad (6)$$

Для реалізації безперервного процесу фільтраційного сушіння і з метою вирівнювання швидкості фільтрування вдовж зони сушіння були використані результати досліджень по гідродинаміці сухого і

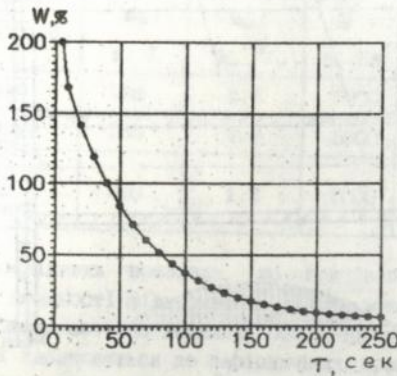


Рис.6. Кінетична крива сушіння хімічного волокна при оптимальній швидкості фільтрування теплоносія і умовах, які мають місце в промисловості.

вологого матеріалу та кінетиці сушіння. Запропонований метод вирівнювання швидкості фільтрування шляхом штучного збільшення гідравлічного опору шару волокна при зменшенні його вологості за допомогою спеціального пристрою з диференційною перфорованою поверхнею. Приведена методика розрахунку зміни диференційного перфорування по довжині сушильної зони в залежності від зміни вологості матеріалу за допомогою рівняння (7).

$$S_{жс} = \left( \frac{10^{4.56} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \omega_0^2}{C - B \cdot W^{1.73}} \right)^{\frac{1}{2.3}} \quad (7)$$

В четвертому розділі приведено опис дослідно-промислової установки і методики проведення досліджень по сушінню хімічного волокна в промислових умовах. На дослідно-промисловій установці проводились дослідження шару хімічного волокна промислових розмірів при періодичному і безперервному фільтраційному сушінні в вирівнюванням швидкості фільтрації теплоносія по довжині сушильної зони і без вирівнювання. Основні показники приведені у таблиці.

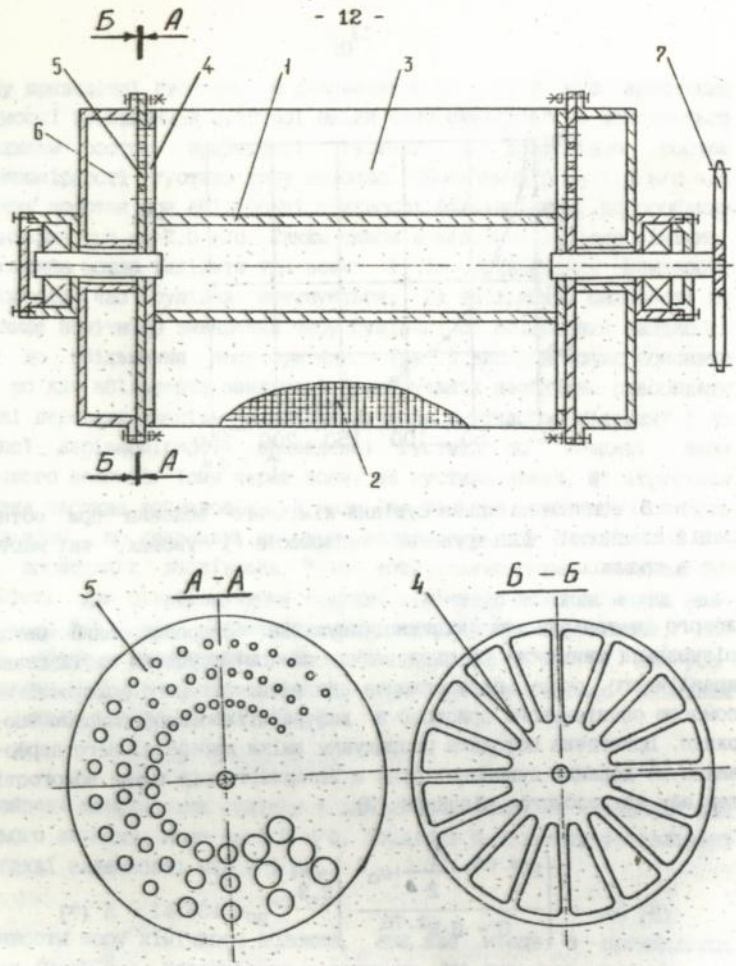


Рис. 7. Конструкція сушильного барабану  
1-каркас, 2-перфорована сітка, 3-радіальні перегородки,  
4-рівномірно перфорована кришка, 5-диференційно перфорована  
кришка, 6-камера розвідження, 7-привідна вірочка.

Основні показники процесів сушіння

Процес сушіння	$W_0$ в, %	$w_0$ в, м/с	$\Delta P$ в, Па	$\tau$ в, с	$N$ кВт·год
Періодичний	260	1.2	5000	250	2.78
Безперервний	260	1.2	5000	480	5.33
Модифікований безперервний	260	1.2	5000	300	3.33

Результати досліджень показали, що при запропонованому методі вирівнювання швидкості фільтрування вздовж зони сушіння (при наявності різної вологості по довжині) безперервний процес по своїй інтенсивності наближається до періодичного процесу. Слід відмітити, що і періодичний і безперервний процеси фільтраційного сушіння мають суттєву перевагу перед конвективним методом, який використовується в даний час на заводі. Розроблена технічна документація, роботи та монтажні креслення сушильної установки барабанного типу (рис.7), які передані на Сокальський завод "Хімволокно" для виготовлення промислового зразка сушильного агрегату.

**ВИСНОВКИ**

1. Встановлено, що фільтраційне сушіння хімічного волокна, дало можливість в 5 - 6 разів інтенсифікувати процес сушіння та більше ніж у два рази скоротити енергетичні затрати в порівнянні до конвективного методу.

2. Вивчена гідродинаміка при русі повітря через шар сухого хімічного волокна і отримана математична залежність для розрахунку гідравлічного опору з врахуванням явища "сідання".

3. Визначено приведену густину шару в залежності від швидкості руху теплоносія.

4. Отримано рівняння для розрахунку зміни пористості шару в залежності від швидкості фільтрування теплоносія і вологості матеріалу.

5. Вивчено зміну гідравлічного опору, температури і швидкості фільтрування в залежності від зміни вологості і обґрунтовано механізм сушіння: механічне витіснення значної маси вологи та на-

явність умовного другого періоду.

6. Вивчена кінетика процесу в режимі безперервного сушіння і доказано негативний вплив на тривалість процесу наявності різної вологості по поверхні матеріалу, що приводить до втрат теплової енергії через висушений матеріал та продовжує час сушіння вологого матеріалу.

7. Проведено порівняльний аналіз кінетики в режимі періодичного і безперервного сушіння при різних швидкостях фільтрування на окремих ділянках шару і показано, що періодичний процес є значно інтенсивніший в порівнянні з безперервним за рахунок рівномірності розподілу вологості по поверхні матеріалу.

8. На основі гідродинаміки, динаміки і кінетики сушіння запропоновано метод вирівнювання швидкості фільтрування теплоносія вдовж всієї зони сушіння при безперервному процесі.

9. Розроблена методика розрахунку живого січення перфорації для досягнення рівномірності швидкості фільтрування теплоносія через шар хімічного волокна.

10. Розроблена математична модель фільтраційного сушіння хімічного волокна і виконана її експериментальна перевірка на адекватність. Запропонована методика розрахунку апарату фільтраційного сушіння.

11. На основі отриманих результатів запропонована конструкція промислової сушарки барабанного типу, яка реалізує безперервний процес фільтраційного сушіння хімічного волокна, виготовлені робочі креслення сушарки і передані на Сокальський завод "Хімволокно", на якому виготовляється промисловий зразок нової сушильної установки.

Основний зміст дисертаційної роботи викладений в наступних публікаціях:

1. Аксельруд Г.А., Ханік Я.М., Атаманюк В.М., Стрелко М.П. Математична модель процесу фільтраційного сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів. // Збірник наукових праць інституту технологічної кібернетики. "Теорія і практика сушіння", т. 1, 1993, с. 105-121.

2. Ханік Я.М., Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Білей П.В. Гідродинаміка процесу фільтраційного сушіння матеріалів, для яких властиве явище сідання. // Науковий вісник. Проблеми деревообного

виробництва. Вип. 2. - Львів: УкрДІТУ, 1994, с.29 - 39.

3. Ya. Khanik, Ya. Gumnitsky, V. Atamanuk. Mathematical model of process filtration drying. // International AMSE conference. Applied & simulation. AMS'93. Press, P. 289-300.

4. Ханік Я.М., Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Стрепко М.П., Станіславчук О.В. Изучение гидродинамики пористых объектов при изменении свободного объема. // 15.с. с ил. Библ. 2 назв. ГАСНТИ N293-Ук95, 07.02.95.

5. Ханік Я.М., Гумницький Я.М., Атаманюк В.М. Математична модель процесу фільтраційного сушіння. // Тези доповідей міжнародної конференції "Applied modelling & simulation AMS'93" Lviv (Ukraine) 1993, с.105 - 106.

6. Ханік Я.М., Атаманюк В.М. Фільтраційне сушіння хімічного волокна. Тези наукової конференції. // "Стан і перспективи розвитку хімічної науки та промисловості в західному регіоні", Львів, 1994, с.192.

#### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$B, C$  - коефіцієнти, які визначаються експериментально;

$G_c$  - вага сухого зразка, кг;

$H, H_v$  - біжуча висота і висота шару хімічного волокна з густиною  $\rho_B = 1020 \text{ кг/м}^3$ , м;

$K$  - коефіцієнт сушіння, 1/с;

$l$  - довжина сушильної зони, м;

$Re$  - число Рейнольдса;

$S$  - площа поперечного перерізу контейнера,  $\text{м}^2$ ;

$S_{жс}$  - площа живого перетину перфорованої перегородки виражена в процентах;

$\vartheta$  - лінійна швидкість руху шару волокна, м/с;

$W, W_0, W_p$  - біжуча, початкова і рівноважна відносна вологість зразка, виражена в процентах;

$\Delta P, \Delta P_{пп}$  - сумарні і втрати напору на перфорованій перегородці, що фіксувались вакууметром, Па;

$\epsilon_0, \epsilon$  - початкова і біжуча пористість шару, в  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$\rho, \rho_{вод.}$  - густина теплоносія і води,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_{пр.}$  - приведена густина шару,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\tau$  - час, с;  
 $\omega_0, \omega$  - фіктивна і дійсна швидкість руху теплоносія, м/с.

#### АНОТАЦІЯ

Атаманюк В.М. Гідродинаміка і масообмін в процесі фільтраційної сушки хімічного волокна.

Дисертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08. - процессы, машины и аппараты химических и нефтехимических производств, Государственный университет "Львовская политехника", Львов, 1995.

Защищается шесть работ в которых рассмотрены вопросы непрерывной фильтрационной сушки слоя химического волокна, для которого имеют место усадочные явления. Представлены исследования гидродинамики сухого и влажного слоя, динамика и кинетика фильтрационной сушки волокнистого материала и аналитические зависимости, позволяющие рассчитать потери напора и время проведения процесса. Приведено сравнение периодического и непрерывного способов сушки и указано отрицательное влияние равной влажности слоя материала на входе и на выходе с сушильного агрегата на процесс. Разработан способ выравнивания скорости фильтрации теплоносителя через влажные и сухие участки материала, приведены аналитические зависимости для расчета фильтрационной сушильной установки барабанного типа. Указаны оптимальные условия проведения процесса фильтрационной сушки химического волокна в производственных условиях.

Ключові слова:

Фільтраційне сусіння, явище "сідання", гідродинаміка, масообмін, кінетика сусіння.

#### ABSTRACT

Hydrodynamics and mass-transfer in filtration drying of the chemical fibres.

Cand. Tech. Sci. Specialization - 05.17.08 Processes, machines and apparatus of chemical and oil-chemical productions. Atamanuk V.M. State University "Lvivska Politechika", 1995.

The problem of the continuous filtration-drying of the chemical fibres bed in the conditions when shrinkage takes place are considered. Investigations of hydrodynamics of dryid and humid

bed, dynamics and kinetics of the filtration drying are presented. The analytical relations were found for calculations of the head lost and process time. The periodical and continuous processes were compared and negative influence of the different bed humidity at the inlet and outlet of the dryer was established. To achieve the rate of filtration through the humid and dry parts of material constant the method of different perforation was used. The analytical relations for drum type dryer calculation were established and the optimum conditions of the filtration drying process in real production were found.

*Швар-*

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Підп. до друку 20.04.98. Формат 60x84<sup>1</sup>/16  
Папір друк. № 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 125  
Умовн. фарб.-відб. 1.25 Умовн. видав. арк. 1.12  
Тираж 100 прим. Зам. 022. Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-13, Ст.Бандери, 12

Дільниця оперативного друку ДУЛП  
Львів, вул. Городоцька, 266

AB 32.621

[The following text is extremely faint and illegible due to low contrast and blurring. It appears to be a multi-paragraph document.]