

Технічні науки

УДК 66.03

**Семінський Олександр Олегович**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів  
хімічних і нафтопереробних виробництв  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Семинский Александр Олегович**

*кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов  
химических и нефтеперерабатывающих производств  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Seminskyi Oleksandr**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of  
Machines and Apparatus for Chemical and Oil Refining Production  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**Онищенко Дмитро Миколайович**

*магістрант  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Онищенко Дмитрий Николаевич**

*магістрант  
Національного технічного університету України  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Dmytro Onyshchenko**

*Master Degree Student of the  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ  
ВКОРОЧЕННЯ ВОЛОКОН ПРИ ОБРОБЦІ ВОДО-ВОЛОКНИСТИХ  
СУСПЕНЗІЙ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ  
УКОРОЧЕНИЕ ВОЛОКОН ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДО-  
ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ  
АППАРАТЕ  
RESEARCH OF FIBER CUTTING KINETICS WHILE PROCESSING  
WATER-FIBER SUSPENSIONS IN ROTARY PULSATION  
APPARATUS**

***Анотація.** Представлені результати експериментальних досліджень впливу концентрації волокон у водо-волокнистих суспензіях на кінетику зміни їх довжини при проведенні обробки в одноступінчастому роторно-пульсаційному апараті (РПА). Отримано залежності, які узагальнено простою емпіричною формулою, що дозволяє прогнозувати середню довжину волокон в залежності від тривалості обробки для апаратів заданої конструкції і може бути використана при проведенні технологічних розрахунків. Визначені енергетичні характеристики режимів роботи РПА. Результати дослідження дозволяють більш обґрунтовано підійти до вибору раціональних режимів розволокнення суспензій.*

***Ключові слова:** роторно-пульсаційний апарат, суспензія, волокно, кінетика, коефіцієнт корисної дії.*

***Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований влияния концентрации волокон в водо-волокнистых суспензиях на кинетику изменения их длины при проведении обработки в одноступенчатом роторно-пульсационном аппарате (РПА). Получены зависимости, которые описаны простой эмпирической формулой, что*

позволяет прогнозировать среднюю длину волокон в зависимости от продолжительности обработки для аппаратов заданной конструкции и может быть использована при проведении технологических расчетов. Определены энергетические характеристики режимов работы РПА. Результаты исследования позволяют более обоснованно подойти к выбору рациональных режимов разволокнения суспензий.

**Ключевые слова:** роторно-пульсационный аппарат, суспензия, волокно, кинетика, коэффициент полезного действия.

**Summary.** The results of experimental research of fiber concentration in water-fiber suspensions impact on the fiber length changing kinetics during processing in a single-stage rotary pulsation apparatus (RPA) are presented. The dependences are obtained, which are described by a simple empirical formula, which makes it possible to predict the average fiber length depending on the processing time for devices of a given design and can be used when carrying out technological calculations. The energy characteristics of the RPA operating modes are determined. The results of the study allow a more reasonable approach to choose rational modes of suspensions processing.

**Key words:** rotor-pulsation apparatus, suspensions, fiber, kinetic, codice of cinnamon.

**Актуальність дослідження.** Приготування водо-волокнистих суспензій для формування паперового або картонного полотна відіграє важливу роль у технологіях целюлозно-паперових виробництв, оскільки від даної стадії значною мірою залежить якість одержаної продукції [1]. При цьому особлива увага приділяється розволокненню, яке безпосередньо впливає на однорідність суспензій, еластичність волокон та їх здатність утворювати зв'язки при відливі, і, як наслідок, забезпечує суттєвий внесок у паперотворні властивості суспензій [2-3].

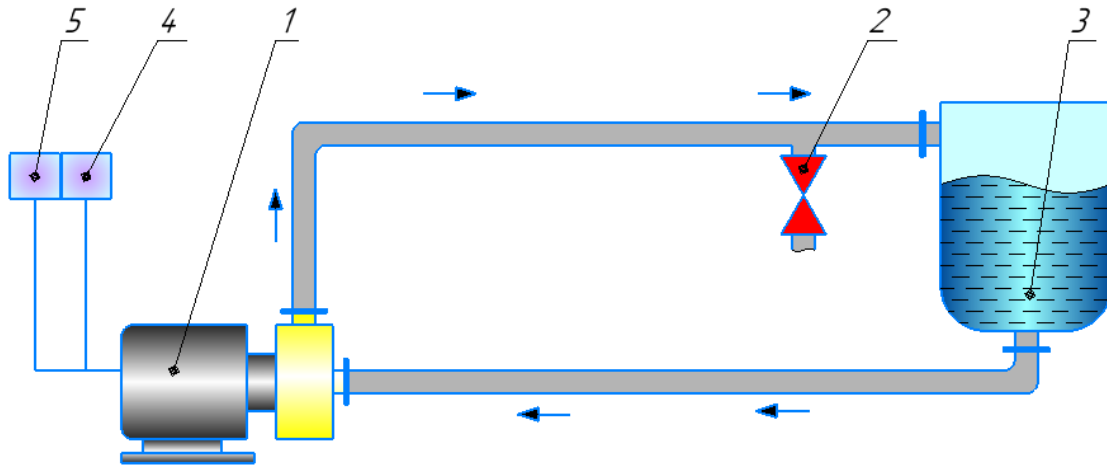
Роторно-пульсаційні апарати зарекомендували себе як високоефективне обладнання для розволокнення. Завдяки комплексному багатofакторному впливу на волокна, при обробці малоконцентрованих (зазвичай не більше 5 % волокна) суспензій, РПА дозволяють одночасно здійснити розпускання, фібрилювання, гідратацію і вирівнювання довжини волокон [4].

Опубліковані результати досліджень обробки волокнистих суспензій у РПА, в основному, фокусуються на визначенні енергетичних і кінетичних закономірностей. Причому, в останньому випадку, стан обробленої суспензії найчастіше характеризують ступенем розробки волокон, який визначають за здатністю волокон утримувати воду (наприклад, за методом Шоппер-Ріглера) [4-5]. Натомість залишається недостатньо дослідженим вплив режимів пульсаційної обробки водо-волокнистих суспензій на довжину волокон, хоча відомо, що довжина волокон суттєво впливає на папероутворення, тому що від неї залежать формування структури і утворення первинних (механічних) міжволоконних зв'язків при формуванні полотна. Тому експериментальне дослідження впливу технологічних параметрів обробки водо-волокнистих суспензій в РПА на довжину волокон залишається актуальним.

**Мета дослідження** полягає у встановленні закономірностей зміни в часі довжини волокон при обробці водо-волокнистих суспензій в одноступінчастому РПА, а також впливу концентрації волокон на кінетику процесу і енергетичні витрати.

**Методика дослідження.** Для проведення експериментальної складової дослідження спроектовано і виготовлено лабораторну установку (рис. 1), яка складається з одноступінчастого РПА проточного типу та резервуару для водо-волокнистої суспензії, з'єднаних між собою трубопроводами у циркуляційний контур. Циркуляція суспензії по контуру відбувається внаслідок насосної дії РПА. Установка оснащена засобами

контролю та вимірювання параметрів роботи апарата, патрубком відбирання проб, а також умовно не позначеними на схемі зливним штуцером і перевідним пристроєм.



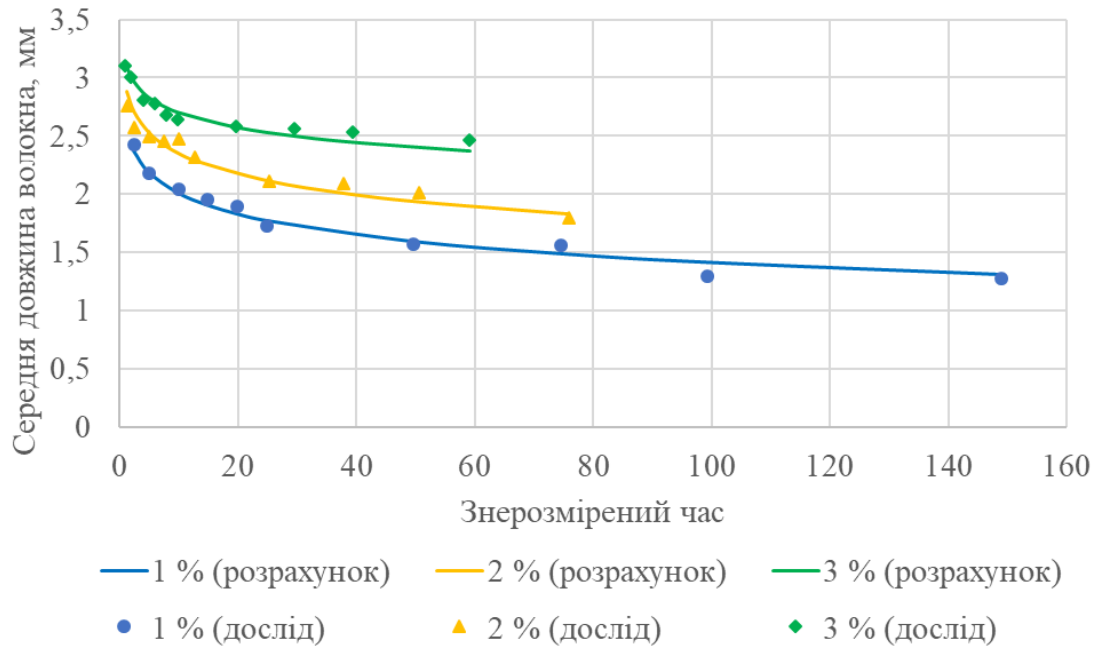
1 – РПА; 2 – патрубок відбирання проб; 3 – резервуар для водо-волокнистої суспензії; 4 – ватметр; 5 – тахометр

**Рис. 1. Схема експериментальної установки**

Програма дослідження передбачала приготування вихідної водо-волокнистої суспензії розпусканням у гідророзбивачі протягом 10 хв. листів друкарського паперу щільністю  $80 \text{ г/м}^2$  при різних концентраціях волокна (1, 2 і 3 % мас.). З одержаної суспензії відбиралась вихідна проба, після чого однакова для всіх дослідів кількість суспензії перевантажувалась у резервуар лабораторної установки. Обробка суспензії проводилась в РПА з визначенням параметрів процесу і відбиранням проб через визначені проміжки часу за встановленою програмою. При обробці частота обертання ротора встановлювалась рівною 50 Гц, вимірювались початкова та кінцева температура суспензії, об'ємна витрата та потужність приводу апарата. Середня довжина волокон визначалась як середнє арифметичне результатів курвіметричних вимірювань індивідуальних довжин волокон (вибірки, не менше 500 одиниць кожна) знятих з мікрофотографій відібраних проб обробленої суспензії.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Результати дослідження, узагальнені у вигляді графічних залежностей, наведені на рис. 2 і 3.

Особливість залежностей на рис. 2 полягає у тому, що середня довжина волокон представлена як функція від інваріантного параметра – знерозміреного часу, що виражається як  $\Theta = t/t_u$ , де  $t$  і  $t_u$ , відповідно, час обробки суспензії і тривалість одного циклу обробки.



**Рис. 2. Залежність середньої довжини волокон від знерозміреного часу обробки суспензії у РПА**

З рис. 2 видно, що зі збільшенням концентрації волокон у суспензії, початкова довжина волокон збільшується, а вкорочення волокон за однакової кількості циклів пульсаційної обробки – зменшується. Це відповідає опублікованим даним з інших джерел інформації, і свідчить про те, що підвищення концентрації волокон дозволяє забезпечити більш ощадний щодо вкорочення волокон режим розволокнення. Останнє особливо важливе, оскільки недопущення перевкорочення волокон дає можливість забезпечити високу якість сформованого полотна і збільшити кількість циклів вторинної переробки картонно-паперової продукції.

Для аналітичного вираження описаних залежностей виведено емпіричну формулу у вигляді

$$\Delta_l = k \ln \Theta,$$

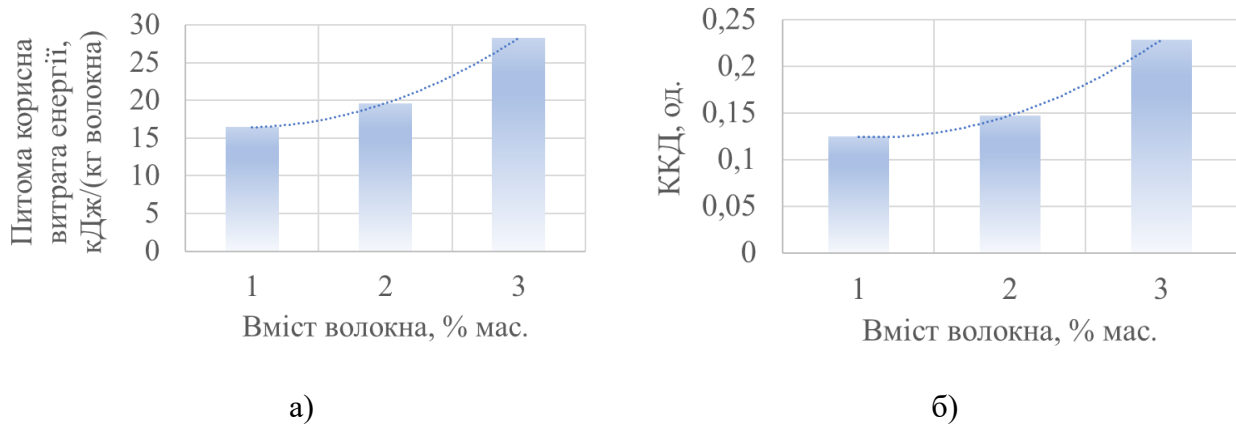
1)

де  $\Delta_l = l_0 - l_\Theta$  – різниця середніх довжин волокон до початку пульсаційної обробки і у час  $\Theta$ ;  $k$  – кінетичний коефіцієнт.

Слід зазначити, що в (1) при  $t = 0$  величина  $\ln \Theta$  невизначена, однак це не викликає протиріччя в аналітичному описі кінетики обробки волокон, оскільки відповідає нульовій зміні довжини волокна, а отже відсутності пульсаційного впливу.

За результатами обчислень з використанням (1) побудовані залежності, зображені на рис. 2 суцільними лініями, що дає можливість візуальної оцінки ступеня їх відповідності дослідним даним. Статистична перевірка можливості опису введеною емпіричною формулою зміни довжини волокон у часі при їх пульсаційній обробці, проведена з використанням коефіцієнта кореляції (мінімальне значення 0,974) і критерія Фішера для рівня значущості 0,05, доводить можливість використання цієї формули при проведенні технологічних розрахунків.

На рис. 3, а наведені значення питомої корисної витрати енергії, визначеної як відношення складової потужності, що використовується безпосередньо на обробку волокон до масової продуктивності по волокну, від концентрації волокон у суспензії. На рис. 3, б зображені дані, що характеризують вплив концентрації волокна на загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) РПА.



а) залежність питомих витрат енергії на обробку волокон від їх концентрації; б) залежність ККД від концентрації волокон

**Рис. 3. Енергетичні залежності при обробці суспензії в РПА:**

Характер кривих на рис. 3 вказує на нелінійне зростання енергетичних характеристик зі збільшенням концентрації волокон у суспензії. Враховуючи, що зі збільшенням концентрації, зменшується вкорочення волокон, можна зробити висновок, що додаткові витрати енергії йдуть на розробку волокон (фібрилювання, гідратацію та ін.). Отже, підвищення концентрації волокон при пульсаційній обробці суспензій позитивно впливає на їх паперотворні властивості. Крім того, робота при більших концентраціях зменшує витрати на обробку. Проте, стабільна та ефективна робота РПА можлива тільки за умови забезпечення раціонального режиму руху суспензії у робочих органах, тому рішення про вибір концентрації волокон необхідно приймати з урахуванням гідродинаміки апаратів.

**Висновки.** Результати дослідження дозволяють більш обґрунтовано підійти до вибору раціональних режимів розволокнення суспензій з використанням РПА.

Виведена емпірична формула дає можливість прогнозувати довжину волокон в залежності від тривалості обробки для апаратів заданої конструкції. До її особливостей слід віднести простоту виразу і



необхідність визначення тільки одного кінетичного коефіцієнта для проведення розрахунків.

Доцільне продовження досліджень з напрацюванням бази даних щодо обробки водо-волокнистих суспензій, а також визначення впливу конструкції і компонування робочих органів РПА на кінетику розволокнення і властивості волокон.

### **Література**

1. Фляте Д.М. Технология бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 440 с.
2. Иванов С. Н. Технология Бумаги / С. Н. Иванов. – Москва: 3, 2006. – 696 с.
3. Корда И. Размол бумажной массы / И. Корда, З. Либнар, И. Прокоп. – Москва: Лесная промышленность, 1967. – 421 с.
4. Легоцкий С.С., Гончаров В.Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 224 с.
5. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. — СПб.: Политехника, 2003. — 633 с.