

УДК 677.31:66.068

**ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ВІДЖИМНОЇ ПАРИ ВАЛКІВ УДОСКОНАЛЕНОГО ВАЛКОВОГО
ПРИСТРОЮ УВП-10**

Лиходід В. В., завідувач лабораторії

Алієв Е. Б., аспірант

Інститут механізації тваринництва НААН

Тел./факс: (061) 289-81-44

Шевченко І. А., к. т. н., доцент

Запорізька державна інженерна академія

Тел./факс: (061) 223-83-96

Представлено теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів віджимної пари валків удосконаленого валкового пристрою УВП-10, в основу якого покладено рух рідини в пористому середовищі (вовні) при контактній взаємодії валків віджимної пари з вовною.

Ключові слова: вовна, первинне оброблення, процес віджимання, валковий пристрій, конструктивно-технологічні параметри, теоретичне обґрунтування.

Проблема. У світовій практиці зустрічається безліч технологій первинного оброблення вовни. Майже всі вони містять такий важливий, але занадто затратний технологічний процес, як промивання вовни, від якості виконання якого в значній мірі залежить ефективність і самих технологій [1].

Загальним недоліком цього процесу є низька якість промивання вовни через надмірний залишок відпрацьованого миючого розчину в митій вовні після промивання і, як наслідок, – значні витрати води, миючих засобів і затрат енергії на реалізацію процесу промивання вовни. Цей чинник обумовлює потребу в розробленні новітніх і вдосконаленні існуючих конструкцій технічних засобів для віджимання вовни після вологого оброблення [2].

Аналіз останніх досліджень. Процес віджимання волокнистих матеріалів валковими віджимними пристроями досліджували В. Я. Крючков [3], Г. К. Кузнецов [4], В. А. Кузнецов [5], С. А. Полумисков [6], Ю. Г. Фомін [7] та ін.

Ю. Г. Фомін [7], В. С. Петровський і Г. К. Кузнецов [8] більш детально дослідили процес взаємодії валкових механізмів з оброблюваним матеріалом.

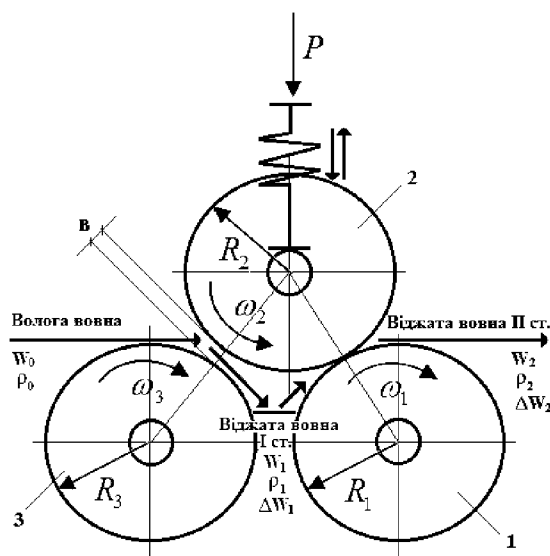
Є. М. Калінін [9], В. А. Кузнецов і Н. А. Петров [10] запропонували фізичні процеси в зоні контакту валкових модулів, розрахунки основних параметрів яких проводили на основі фізичної й концептуальної моделей взаємодії валкових віджимних пристроїв з волокнистими матеріалами.

В роботах вище названих учених аргументована доцільність застосування різноманітних конструкцій валкових пристроїв для віджимання волокнистих матеріалів, зокрема вовни після її вологого оброблення. Але на сьогодні найменш дослідженим процесом в існуючих лініях первинного оброблення вовни є процес віджимання вовни після вологого оброблення, особливо грубої.

Тому є потреба в удосконаленні робочих органів існуючих конструкцій віджимних пристроїв, робота яких повинна базуватися на оптимальному стискуванні грубої вовни в процесі віджимання після вологого оброблення, без переущільнення.

Мета досліджень – теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів віджимної пари валків удосконаленого валкового пристрою шляхом розроблення математичної моделі процесу віджимання вологої вовни при контактній взаємодії валків віджимної пари з пористим середовищем (вовною).

Результати досліджень. Конструкційно-технологічна схема узагальненої моделі функціонування удосконаленого валкового пристрою УВП-10 представлена на рисунку 1.



1 – формуючий ведучий валок; 2 – віджимний ведений валок; 3 – віджимний ведучий валок.

Рисунок 1 – Конструкційно-технологічна схема узагальненої моделі функціонування удосконаленого валкового пристрою УВП-10

Робочим органом запропонованої конструкції віджимного пристрою є три-валковий модуль, валки якого у поєднанні та парній взаємодії забезпечують дво-ступеневе віджимання вологої вовни з заданим зусиллям стискування на кожному з етапів, без переущільнення в процесі стискування.

Розглянемо поперечний переріз віджимної пари валків (рис. 2).

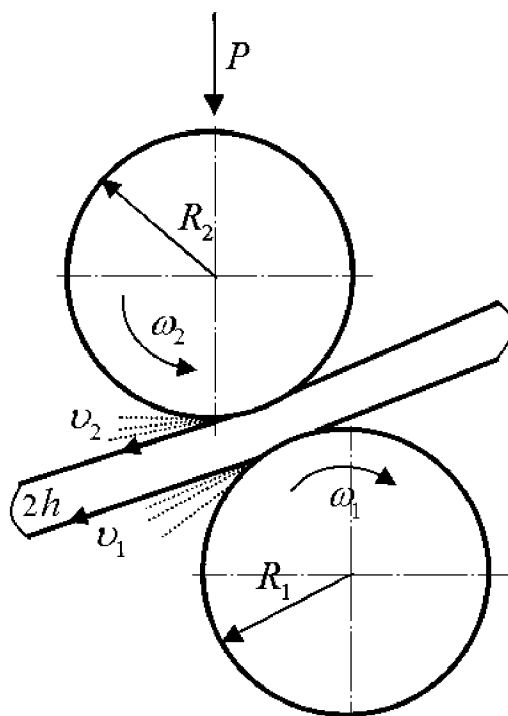


Рисунок 2 – Поперечний переріз віджимної пари валків

Для розроблення математичної моделі процесу віджимання вовни після вологого оброблення прийемо наступні припущення і спрощення:

- процес віджимання вовни після вологого оброблення віджимною парою валків представляє собою задачу про контактну взаємодію твердих тіл з пористим середовищем [11, 12];
- тертя на поверхні контакту валка і шару пористого матеріалу відсутнє;
- найкраще віджимання вовни відбувається за умови найбільшої площі її деформації;
- рух рідини в пористому середовищі розглядається з урахуванням законів Дарсі;
- умовою якісного віджимання є вивільнення рідини (залишку відпрацьованого м'якого розчину) з нижньої поверхні вовни.

Схема взаємодії віджимної пари валків с пористим середовищем представлена на рисунку 3.

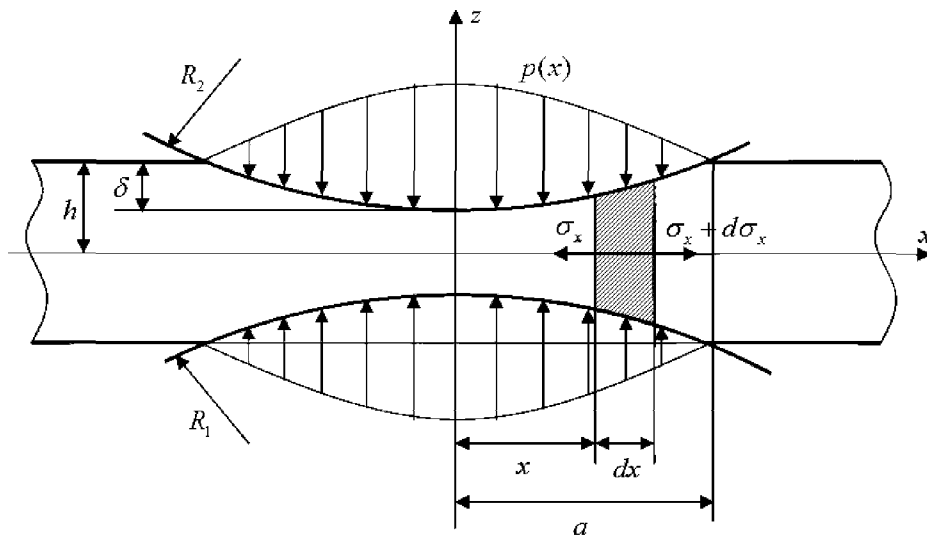


Рисунок 3 – Схема взаємодії віджимної пари валків з пористим середовищем

Віджимну пару валків представлено у вигляді двох паралельних циліндрів, що дотикаються по твірній і стискають рівномірно розподілений по довжині пористий матеріал (вовну) з силами, рівнодіючі яких направлені вздовж осі z . Внаслідок деформації під дією цих сил дотикання циліндрів відбудеться по деякій поверхні у вигляді вузької полоси. Її ширина $2a$ завжди мала в порівнянні з розмірами циліндрів, тому поставлену задачу можна вирішувати як плоску задачу теорії пружності.

Припустимо, що тертя на поверхні контакту циліндра і шару пористого матеріалу відсутнє і $\sigma_x = 0$. При плоскій деформації маємо

$$\varepsilon_z = \frac{1-\nu^2}{E} \sigma_z = -\frac{1-\nu^2}{E} p(x), \quad (1)$$

де ε_z – відносна деформація шару вовни;

E – модуль пружності вовни;

ν – коефіцієнт Пуассона;

σ_z – напруженість;

$p(x)$ – зусилля стискування шару вовни.

Деформація стискування елемента, зазначеного на рис. 3, визначається геометричним формо-зміненням

$$\varepsilon_z = -\frac{1}{h} \left(\delta - \frac{x^2}{2R} \right), \quad (2)$$

де $2h$ – товщина шару вовни;

x – координата елементарної площини за віссю X ;

R – приведений радіус $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$;

R_1 – радіус ведучого валка;

R_2 – радіус веденого валка.

Оскільки тиск повинен зникнути при $x = \pm a$, вирази (1) і (2) дають

$$\delta = \frac{a^2}{2R} \text{ і}$$

$$p(x) = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{a^2}{2h} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \left(1 - \frac{x^2}{a^2} \right), \quad (3)$$

де a – половина ширини дії тиску.

Виходячи з (3), повне навантаження дорівнює

$$P = \frac{2}{3} \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{a^3}{h} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}. \quad (4)$$

Знайдемо градієнт тиску, що діє на пористе середовище при $x = a$:

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{a}{h} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}, \quad (5)$$

де dx – ширина елементарної площини.

Згідно з рисунку 3 найбільш інтенсивне віджимання вовни буде відбуватися за умови найбільшої площі деформації, тобто при $h = a$. Згідно з цієї умови отримуємо:

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3} \frac{1}{1-\nu^2} \frac{E}{P} h^2. \quad (6)$$

Через те що в пористому середовищі знаходиться рідина, то розглянемо рух цієї рідини під дією двох циліндрів з урахуванням законів Дарсі [13]. На рис. 4 зображено шар нестисливої рідини в'язкості η між двома твердими поверхнями, що рухаються з швидкостями v_1 і v_2 . При малому числу Рейнольдса силами інерції можна знехтувати.

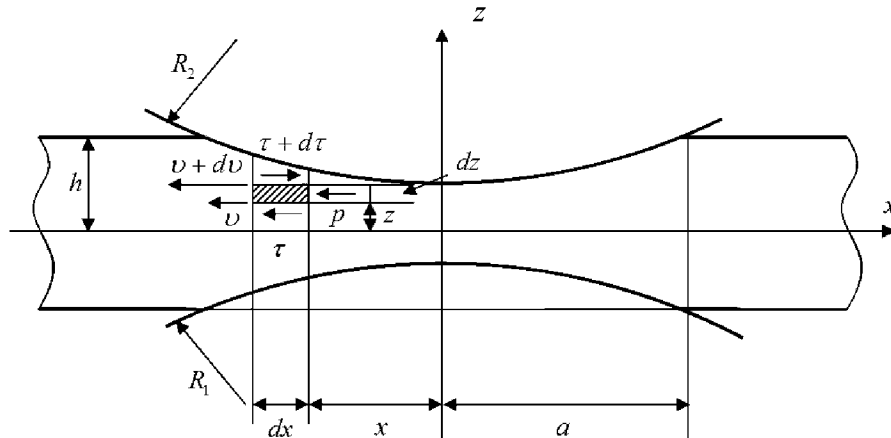


Рисунок 4 – Схема взаємодії циліндрів з рідиною пористого середовища (вовна)

Для двовірної встановленої течії рідини в пористому середовищі (вовна) з рівняння рівноваги заштрихованого елемента маємо

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial \tau}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\eta}{\kappa} \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{\eta}{\kappa} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}, \quad (7)$$

де v – швидкість течії;

p – тиск;

η – в'язкість рідини;

κ – проникність вовни.

Тому що градієнт тиску $\frac{\partial p}{\partial x}$ не залежить від z , то рівняння (7) можна проінтегрувати за z

$$v(z) = \frac{\kappa}{2\eta} \frac{dp}{dx} z^2 + Az + B, \quad (8)$$

де A, B – константи інтегрування.

Враховуючи граничні умови $v(-h) = v_1$ і $v(h) = v_2$, отримуємо значення констант інтегрування A , B

$$B = \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{\kappa}{2\eta} \frac{dp}{dx} h^2 \quad (9)$$

$$A = \frac{v_2 - v_1}{2h} \quad (10)$$

Підставимо (9) і (10) у вираз (8)

$$v(z) = \frac{\kappa}{2\eta} \frac{dp}{dx} (z^2 - h^2) + \frac{v_2 - v_1}{2h} z + \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (11)$$

Для визначення розподілу швидкості руху рідини у пористому середовищі (вовна) побудуємо графік залежності $v(z)$ – парабола (рис. 5).

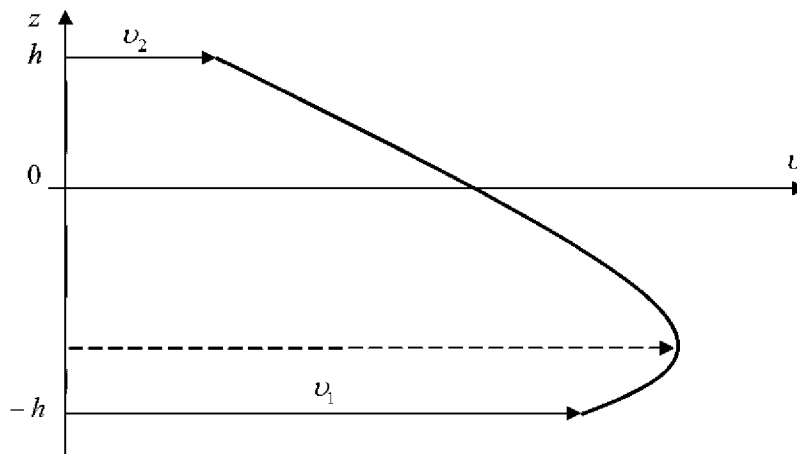


Рисунок 5 – Розподіл швидкості руху рідини у пористому середовищі (вовна)

В результаті віджимання вовни рідина (залишок відпрацьованого миючого розчину) буде вивільнятися з обох поверхонь $z = h$ і $z = -h$. Однак однією з умов якісного віджимання є вивільнення рідини з нижньої поверхні, тому вершина параболи повинна знаходитись у точці $z = -h$

$$v(z) = \frac{\kappa}{2\eta} \frac{dp}{dx} (z^2 - h^2) + \frac{v_2 - v_1}{2h} z + \frac{v_1 + v_2}{2} =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\kappa}{2\eta} \frac{dp}{dx} \left(z + \frac{v_2 - v_1}{2h} \frac{2\eta}{\kappa} \frac{1}{\frac{dp}{dx}} \right) + \left(\frac{v_2 - v_1}{2h} \right)^2 \frac{\eta}{2\kappa} \frac{1}{\frac{dp}{dx}} + \frac{v_1 + v_2}{2} \\
&\quad \frac{v_2 - v_1}{2h} \frac{2\eta}{\kappa} \frac{1}{\frac{dp}{dx}} = h \\
&\quad - \frac{v_1 - v_2}{h^2} \frac{\eta}{\kappa} = \frac{dp}{dx}.
\end{aligned} \tag{12}$$

Враховуючи (5), (6) і (12), отримуємо:

$$\begin{cases} v_1 - v_2 = \frac{3}{2} \frac{\kappa}{\eta} P, \\ \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3} \frac{1}{1 - v^2} \frac{E}{P} h^2. \end{cases} \tag{13}$$

Підставляючи в (13) відомі коефіцієнти та незмінні конструктивні параметри, отримуємо оптимальні значення геометричних і кінематичних параметрів валків віджимної пари: радіус $R_1 = R_2 = 60$ мм; різниця швидкостей обертання валків віджимної пари $v_2 - v_1 = 0,00412$ м/с; зусилля стискування валків віджимної пари $P = 1,0$ кН.

Висновки. В результаті проведених досліджень отримано теоретичні залежності, що дозволяють визначити основні конструктивно-технологічні параметри віджимної пари валків удосконаленого валкового пристрою УВП-10.

За результатами теоретичних розрахунків визначено оптимальні значення конструктивно-технологічних параметрів віджимної пари валків удосконаленого валкового пристрою УВП-10: діаметри валків – 120 мм; різниця швидкостей обертання валків віджимної пари - 0,00412 м/с при зусиллі їх стискування 1,0 кН.

Перелік посилань

1. Горбунова Л. С. Первичная обработка шерсти / Л. С. Горбунова, Н. В. Рогачев, Л. Г. Васильева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – С. 352.
2. Тимошенко Н. К. Новые – старые проблемы промывки овечьей шерсти / Н. К. Тимошенко, Н. В. Рогачев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2004. – № 2. – С. 18-20.

3. *Крючков В. Я.* Исследование процесса отжима текстильных материалов валковыми машинами / В. Я. Крючков // Дисс. канд. техн. наук. – Л., 1970. – 194 с.
4. *Кузнецов Г. К.* Исследования и методика проектирования валковых отжимных устройств текстильных машин / Г. К. Кузнецов // Дисс... д-ра техн. наук. – Л.: ЛИТЛПИ, 1970. – 287 с.
5. *Кузнецов В. А.* Обоснование конструктивных параметров высокопроизводительных валковых машин интенсивного отжима / В. А. Кузнецов // Дисс... канд. техн. наук. – Кострома, 1984. – 176 с.
6. *Полумисков С. А.* Исследования валкового пропиточного устройства и разработка метода расчета его конструктивных и технологических параметров / С. А. Полумисков // Дисс... канд. техн. наук. – Иваново, 1997. – 150 с.
7. *Фомин Ю. Г.* Разработка теоретических основ и средств повышения эффективности обработки тканей валковыми модулями отделочных машин / Ю. Г. Фомин // Дисс... д-ра техн. наук. – Иваново, 2001. – 357 с.
8. *Петровский В. С.* Анализ характера взаимодействия валковых механизмов с обрабатываемым материалом / В. С. Петровский, Г. К. Кузнецов // Изв. Вузов. Технология текст. пром-сти. – 1983. – № 4. – С. 93-96.
9. *Калинин Е. Н.* Концептуальная модель процесса взаимодействия валкового устройства с текстильным материалом / Е.Н. Калинин // Изв. Вузов. Технология текст. пром-сти. – 2000. – № 2. – С. 106-109.
10. *Кузнецов В. А.* Физическая модель процесса отжима / В. А. Кузнецов, Н. А. Петров, В. Н. Картошенко // Изв. Вузов. Технология текст. пром-сти. – 1984. – №3. – С. 91-94.
11. *Джонсон К.* Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон – М.: Мир, 1989. – 508 с.
12. *Александров В. М.* Введение в механику контактных взаимодействий / В. М. Александров, М. И. Чебаков. – Ростов-на-Дону: ООО«ЦВВР», 2007. – 114 с.
13. *Лейбензон Л. С.* Движение природных жидкостей и газов в пористой среде / Л. С. Лейбензон. – М.: ОГИЗ, 1947. – 246 с.

THEORETICAL JUSTIFICATIONS OF CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A COUPLE OF COMPRESSION ROLLS OF THE IMPROVED ROLLER DEVICE UVP-10

Summary. Here are presented theoretical justifications of constructive-technological parameters of a couple of compression rolls of the improved roller device UVP-10; the principles of its construction are based on the fluid movement within the porous medium (wool) when the rolls of the compression couple contact with wool.