

УДК 677.31-056.4

І.А. Шевченко, член-кор. НААНУ, д-р техн. наук, В.В. Лиходід, інж.*Інститут механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України, Запоріжжя*

Результати дослідження процесу двоступінчастого віджимання вологонасиченої вовни

Наведено результати експериментальних досліджень процесу двоступінчастого віджимання вологонасиченої вовни та відображено оптимальне поєднання факторів, які здебільшого впливають на реалізацію процесу. Отримано математичну модель другого порядку, яка адекватно описує процес двоступінчастого віджимання вологонасиченої вовни. Визначено оптимальне значення параметрів процесу двоступінчастого віджимання вологонасиченої грубої вовни при різних заданих зусиллях стиску за ступенями віджимання. Ці результати досліджень є основою для удосконалення робочих органів існуючих конструкцій віджимних валкових пристроїв при віджиманні вологонасиченої вовни без переущільнення.

вовна, вологе оброблення, процес двоступінчастого віджимання, зусилля стиску, ступінь видалення вологи, дослідження

Процес віджимання вологонасиченої вовни є предметом дослідження багатьох учених [1-4]. Практичне значення цих досліджень пов'язано з поглибленням уяви про протікання технологічного процесу віджимання вовни, прогнозуванням і оцінкою експлуатаційних характеристик готової продукції. Деякі результати досліджень процесу віджимання вовни вже знайшли своє застосування при розробленні та створенні віджимних валкових пристроїв у складі ліній первинної обробки вовни. Незважаючи на проведені дослідження, наукові знання в цій області ще недостатні та потребують розширення й узагальнення деяких положень.

Глибоко досліджували процес віджимання вологонасиченої вовни такі відомі вчені як В.Я. Крючков (1970), Г.К. Кузнєцов (1960–1994), В.А. Кузнєцов (1984–1987), С.А. Полумисков (1980–1997), Ю.Г. Фомін (1991–2004) та інші дослідники. За їх теоретичними розробками створено сучасні різноманітні конструкції віджимних валкових пристроїв. Але на сьогодні найменш дослідженим є процес видалення вологи з вологонасиченої вовни, особливо грубої, без переущільнення в процесі стиску.

Створені конструкції віджимних пристроїв неповністю відповідають вимогам свого функціонального призначення. Основними їх недоліками є: або надмірний залишок вологи у вовні після віджимання — через недостатнє її віджимання, або значне переущільнення вовни — через надмірний її стиск у процесі віджимання. Ці чинники обумовлюють потребу в удосконаленні робочих органів існуючих конструкцій віджимних валкових пристроїв.

Матеріалом дослідження була груба овеча вовна романівської породи овець (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристика досліджуваного матеріалу

№ зп	Назва	Вологість, %	Забрудненість, %		Вовняний жир, %	Вихід чистої вовни, %
			рослинні відходи	бруд		
1	Вовна груба (вихідна)	13,69	6,25	13,02	4,46	86,31
2	Вовна груба (після тріпання)	13,66	3,66	7,61	3,38	86,34
3	Вовна груба (вологонасичена)	88,13	3,34	6,52	2,38	11,87

Для проведення експерименту нами було обрано оптимальний план Бокса другого порядку для трьох факторів, який містить 14 дослідів і дає в якості математичної моделі поліном другого порядку [5]. У ньому фактори отримали таку градацію: діаметр циліндра – X_1 ; маса зразка вовни - X_2 і зусилля стиску – X_3 . Рівні й інтервали варіювання факторів при дослідженні процесу двоступінчастого віджимання вологої вовни наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Рівні й інтервали варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
		-1	0	+1	
Діаметр циліндра (d), мм	X_1	50	100	150	50
Маса зразка вовни (m), г	X_2	10	20	30	10
Зусилля стиску (P), кН	X_3	0,6	1,2	1,8	0,6

Прилади і спецобладнання, використані при проведенні експериментальних досліджень, представлені на рис. 1.



а) вологомір Ultra-X 70



б) динамометр зразковий переносний ДОСМ-3-0,2

Рисунок 1 – Прилади і спецобладнання, використані при проведенні експериментальних досліджень

Аналіз отриманих даних виконано методом математичної статистики та графо-аналітичних методів з використанням програмного забезпечення для обробки й аналізу статистичних даних.

Для дослідження процесу двоступінчастого віджимання вологонасиченої вовни прийнята узагальнена модель процесу (рис. 2), розроблена конструктивно-технологічна схема (рис. 3) та створено експериментальні зразки спеціального устаткування (рис. 4).

Експериментальні дослідження проведено в секторі агрохімічних аналізів ІМТ НААН (вересень 2010 р.) при вологому обробленні та віджиманні в два етапи 75 кг вологонасиченої грубої вовни згідно з розробленою програмою та методикою досліджень.

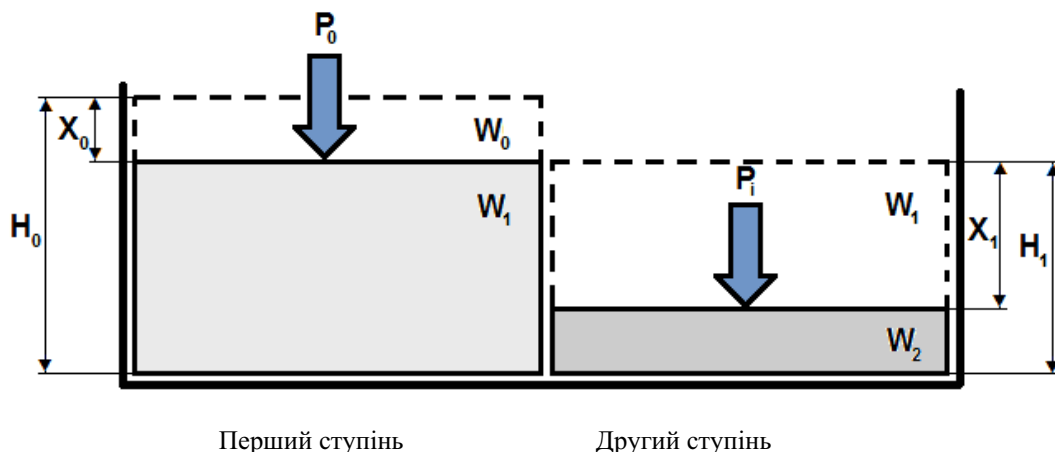
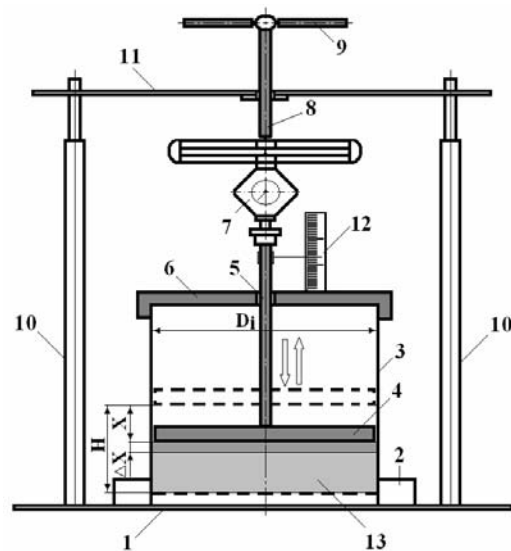


Рисунок 2 – Узагальнена модель процесу двоступінчастого віджимання вологонасиченої вовни



1 – основа; 2 – стакан; 3 – циліндр; 4 – плунжер; 5 – шток; 6 – фланець; 7 – динамометр ДОСМ-3-0,2;
8 – гвинт; 9 – рукоятка гвинта; 10 – опора телескопічна; 11 – планка; 12 – міліметрова шкала;
13 – зразок вовни

Рисунок 3 – Конструктивно-технологічна схема експериментального зразка спеціального устаткування



а) циліндр $\varnothing$ 50 мм



б) циліндр $\varnothing$ 100 мм



в) циліндр $\varnothing$ 150 мм

Рисунок 4 – Експериментальні зразки спеціального устаткування

В якості критерію оптимізації прийняли величину ступеня віджимання вологонасиченої вовни ΔW , яка визначається за формулою [5]

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2, \quad (1)$$

де ΔW_1 – ступінь видалення води за першим ступенем віджимання, %;

ΔW_2 – ступінь видалення води за другим ступенем віджимання, %;

На першому етапі досліджували I ступінь віджимання вологонасиченої вовни при початковому заданому зусиллі стиску (P_0), для чого зразок вовни 13 з певною вологістю (W_0) закладається в циліндр 3 між його днищем і плунжером 4. Після цього всередину циліндра 3 вводиться плунжер 4 зі штоком 5 і зверху циліндра встановлюється фланець 6. Потім на шток 5 встановлюється динамометр 7 і зібрана конструкція під дією сумарної маси складових: плунжера 4 (M_1), штока 5 (M_2) і динамометра 7 з насадкою та кулькою (M_3) тисне на розкладений по днищу циліндра 3 зразок вовни 13 з початковою силою тиску P_0

$$P_0 = M_1 + M_2 + M_3, \text{ кг} \quad (2)$$

де M_1 - маса плунжера, кг;

M_2 - маса штока, кг;

M_3 - маса динамометра з насадкою та кулькою, кг.

Відповідно для кожного типорозміру циліндра початковий тиск на зразок вологонасиченої вовни становив $P_0^{50} = 5,84 \text{ кПа}$, $P_0^{100} = 2,28 \text{ кПа}$, $P_0^{150} = 1,15 \text{ кПа}$. При цьому віджата з вовни волога збиралася в стакан 2. Зразок віджатої вовни за першим ступенем з певною вологістю (W_1) відбирається для аналізу. Час експозиції стиску на першому ступені віджимання — 10 с.

Ступінь видалення вологи ΔW_1 за першим ступенем віджимання визначали за формулою

$$\Delta W_1 = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де W_0 , W_1 – вологість вовни відповідно до і після першого ступеня віджимання, %.

На другому етапі досліджували другий ступінь віджимання вологонасиченої вовни при заданих зусиллях стиску (P_i). Для чого, обертаючи рукоятку 9 гвинта 8 за часовою стрілкою, останній подається до динамометра 7 і з'єднується з ним. Після цього обертаючи рукоятку 9 гвинта 8 за часовою стрілкою, встановлюється задане зусилля стиску (P_i) завантаженого в робочий об'єм циліндра 3 заданого зразка вовни 13 і контролюється динамометром 7 з наступною експозицією статичного стиску — 10 с. Потім, обертаючи рукоятку 9 гвинта 8 проти часової стрілки знімається задане фіксоване зусилля стиску і зразок віджатої вовни за другим ступенем з певною вологістю W_2 відбирається для аналізу.

Експерименти проводили відповідно до прийнятої план-матриці, яка включає всі можливі комбінації рівнів факторів. Для кожного рівня факторів експеримент повторювали триразово і брали середнє значення.

Ступінь видалення вологи ΔW_2 за другим ступенем віджимання при різних зусиллях стиску визначали за формулою

$$\Delta W_2 = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де W_1 , W_2 – вологість вовни відповідно до і після другого ступеня віджимання, %.

Аналіз результатів досліджень згідно прийнятої матриці планування дозволив отримати регресійну модель впливу досліджуваних факторів на ступінь видалення вологи [5, 6]:

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2, \quad (5)$$

де y – критерій оптимізації;

b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} – коефіцієнти моделі;

x_i , x_j – фактори.

В розгорнутому вигляді регресійна модель має вигляд:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2. \quad (6)$$

Таким чином, отримано рівняння регресії, що описує досліджуваний процес за встановленим критерієм оптимізації

$$y = 24,30 - 9,10x_1 - 0,71x_2 + 3,96x_3 + 1,56x_1x_2 - 0,55x_1x_3 + 1,44x_2x_3 + 4,69x_1^2 - 4,98x_2^2 + 1,55x_3^2, \quad (7)$$

де y , ΔW_2 – ступінь видалення вологи за другим ступенем віджимання, %;

x_1 , d – діаметр циліндра, мм;

x_2 , m – маса зразка вовни, г;

x_3, P – зусилля стиску, кН.

Перевірка за критерієм Кохрена ($G_{розр} = 0,173 < G_{табл} = 0,335$) дозволяє зробити висновок про однорідність дисперсій.

Перевірка за критерієм Стьюдента дозволила визначити незначимі коефіцієнти: b_2, b_{13}, b_{33} . Після їх відкидання математична модель процесу набула вигляду

$$y = 24,74 - 9,10x_1 + 3,96x_3 + 1,56x_1x_2 + 1,44x_2x_3 + 5,13x_1^2 - 4,54x_2^2. \quad (8)$$

Оскільки розрахункове значення критерію Фішера менше за табличне ($F_{розр} = 1,13 < F_{табл} = 2,3$), то прийняли гіпотезу про адекватність опису рівнянням (6) результатів експерименту з 95 %-ною ймовірністю. Максимальне значення $y = 42,94$ % буде при $x_1 = -1$ або $d = 50$ мм; $x_2 = -0,013$ або $m = 18,3$ г; $x_3 = 1$ або $P = 1,8$ кН.

Для побудови поверхонь відгуку один із факторів фіксувався на оптимальному рівні. Варіанти поверхонь відклику при оптимальних значеннях факторів ($d = 50$ мм, $m = 18,3$ г, $P = 1,8$ кН) наведено на рисунках 5-7.

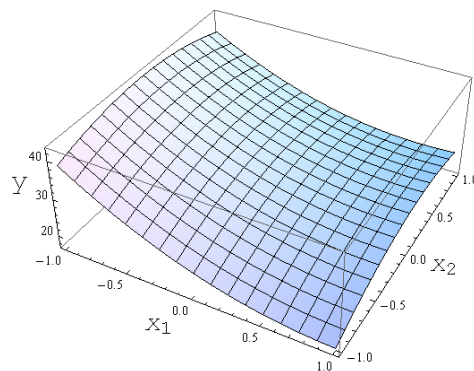


Рисунок 5 – Залежність критерію оптимізації y від x_1 (d) і x_2 (m) при $x_3 = 1$ ($P = 1,8$ кН)

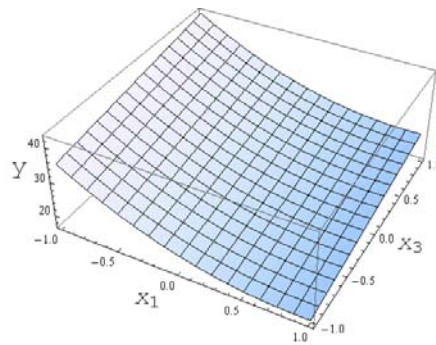


Рисунок 6 – Залежність критерію оптимізації y від x_1 (d) і x_3 (P) при $x_2 = -0,013$ ($m = 18,3$ г)

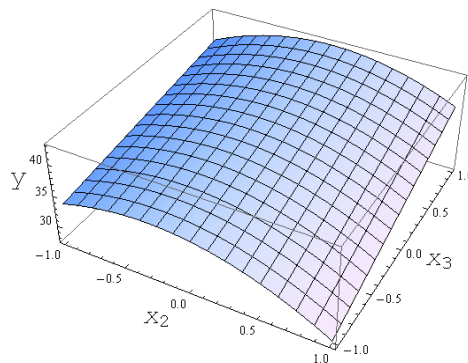


Рисунок 7 – Залежність критерію оптимізації y від x_2 (m) і x_3 (P) при $x_1 = -1$ ($d = 50$ мм)

Аналіз рівняння (8) та побудованих на його основі поверхонь відгуку (рис. 5-7) дозволяє наочно оцінити кількісний внесок кожного з досліджуваних факторів і визначити оптимальні їх співвідношення.

1. Результати експериментальних досліджень двоступінчастого віджимання вологонасиченої грубої вовни при різних заданих рівнях варіювання факторів, що впливають на показники якості процесу віджимання вовни, дозволили:

- отримати математичну модель другого порядку, яка адекватно описує процес двоступінчастого віджимання вологонасиченої грубої вовни та провести її аналіз;

- визначити оптимальне значення параметрів процесу двоступінчастого віджимання вологонасиченої вовни при різних заданих зусиллях стиску: початкова питома сила тиску на зразок вовни масою 0,0183 кг за першим ступенем віджимання становить 5,84 кПа при зусиллі стиску за другим ступенем віджимання – 1,8 кН.

2. У ході експерименту з'ясовано, що ступінь видалення вологи за першим ступенем віджимання становить $\Delta W_1 = 10\text{--}15\%$, а за другим – $\Delta W_2 = 30\text{--}35\%$ при залишку вологи у віджатій вовні $W_{\text{вв}} = 45\text{--}55\%$.

Список літератури

1. Кузнецов В.А. Обоснование конструктивных параметров высокопроизводительных валковых машин интенсивного отжима: дисс...канд. техн. наук: 05.02.13/ В.А. Кузнецов. – Кострома, 1984. – 176 с.
2. Румянцев А.А. Теория и метод построения квазистатических и квазиплоских моделей силовых взаимодействий в валковых механизмах текстильных машин: автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. техн. наук: спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)» / А.А. Румянцев. – М., 1987. – 47 с.
3. Подъячев А.В. Методы исследований и алгоритмы расчетов валов двухвалковых текстильно-отделочных машин: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)» / А.В. Подъячев. – Кострома, 1988. – 18 с.
4. Фомин Ю.Г. Разработка теоретических основ и средств повышения эффективности обработки тканей валковыми модулями отделочных машин: дисс... доктора техн. наук: 05.02.13/ Ю.Г. Фомин. – Иваново, 2001. – С. 357.
5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
6. Барабашук В.И. Планирование эксперимента в технике / В.И. Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошниченко. - К.:Техніка, 1984. - 200 с.

И. Шевченко, В.Лиходед

Результаты исследования процесса двухступенчатого отжима влагонасыщенной шерсти

Приведены результаты экспериментальных исследований процесса двухступенчатого отжима влагонасыщенной шерсти и отображено оптимальное сочетание факторов, которые в большей мере влияют на реализацию процесса. Получена математическая модель второго порядка, которая адекватно описывает процесс двухступенчатого отжима влагонасыщенной шерсти. Определено оптимальное значение параметров процесса двухступенчатого отжима влагонасыщенной грубой шерсти при разных заданных усилиях сжатия по степеням отжима. Эти результаты исследований являются основой для усовершенствования рабочих органов существующих конструкций отжимных валковых устройств при отжимании влагонасыщенной шерсти без переуплотнения.

I. Shevchenko, V. Likhoded

Results of research of process of the two - stage wet wool squeezing

The results of experimental researches of two-stage process of wet wool squeezing are adduced and the optimal combination of factors that mostly influence the implementation of process is represented. A mathematical model of second order which adequately describes the two-step process of wet wool squeezing is obtained. The optimal value of parameters of the two-stage process of wet rough wool squeezing at different clenching efforts by the degree of squeezing is determined. These results of researches are the basis for the improvement of the working organs of existing constructions of squeezing roller devices when squeezing the wet wool without compaction.

Одержано 12.09.11