

УДК 677.312:65.017

Е. Б. Алієв, канд. техн. наук, В. В. Лиходід, канд. техн. наук, В. М. Забудченко, інж. В. В. Івлєв, асп.²

Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва, Запоріжжя

Дослідження динаміки деформації зволоженої грубої овечої вовни при ущільненні

Наведено результати лабораторних досліджень динаміки деформації зволоженої грубої овечої вовни в процесі стискання та після зняття навантаження в часі з урахуванням її технологічних властивостей. Експериментально встановлено, що шар грубої вовни має певні пружні властивості, а її вологість є основним параметром, який визначає ступінь її деформації. Спостереження за динамікою зміни відносної деформації зволоженої грубої вовни в процесі її навантаження і розвантаження дали змогу прийняти її реологічну модель як пружно-в'язко-пластичне тіло. В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії отримано математичну модель впливу вологості грубої вовни і тиску навантаження на її початкову і залишкову деформацію. При дослідженні модуля пружності грубої вовни залежно від її вологості встановлено залежність відносної деформації від тиску навантаження.

вівчарство, груба вовна, вологість, ущільнення, динаміка, деформація, лабораторні дослідження

Э.Б. Алиев, канд. техн. наук, В.В. Лиходед, канд. техн. наук, В.М. Забудченко, инж., В.В. Ивлев, асп

Запорожский научно-исследовательский центр по механизации животноводства, Запорожье

Исследования динамики деформации увлажненной грубой овечьей шерсти при уплотнении

Приведены результаты лабораторных исследований динамики деформации увлажненной грубой овечьей шерсти в процессе сжатия и после снятия нагрузки во времени с учетом ее технологических свойств. Экспериментально установлено, что слой грубой шерсти имеет определённые пружинящие свойства, а ее влажность является основным параметром, который определяет степень ее деформации. Наблюдения за динамикой изменения относительной деформации увлажнённой грубой шерсти в процессе ее нагрузки и разгрузки дали возможность принять ее реологическую модель как упруго-вязко-пластичное тело. В результате расчетов коэффициентов регрессии получено математическую модель влияния влажности грубой шерсти и давления нагрузки на ее начальную и остаточную деформацию. При исследовании модуля упругости грубой шерсти зависимо от ее влажности установлено зависимость относительной деформации от давления нагрузки.

овцеводство, грубая шерсть, влажность, уплотнение, динамика, деформация, лабораторные исследования

Стан проблеми. Вивчення поведінки овечої вовни під навантаженням в часі є предметом дослідження багатьох вчених. Практичне значення цих досліджень пов'язано з поглибленням уяви про протікання технологічних процесів первинної обробки волокнистих матеріалів, особливо грубої вовни, прогнозуванням і оцінкою експлуатаційних характеристик готової товарної продукції. Але незважаючи на проведенні дослідження, наукові знання в цій області ще недостатні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження деформаційних характеристик овечої вовни в останні роки активно займалися такі відомі вчені, як В.О. Кузнецов, С.О. Полумисков і С.Б. Найолова [1], О.О. Румянцев й А.Б. Брут-Бруляко [2], П. Енхбаатар і Ю.Г. Фомін [3], О.В. Демидов [4], Л. Удвал, С.В. Белов, Т.П. Туцька [5, 6]

© Е. Б. Алієв, В. В. Лиходід, В. М. Забудченко, В. В. Івлєв, 2015

² Науковий керівник – Павленко С. І., к. т. н., доцент.

та інші дослідники. Аналізуючи результати останніх досліджень зазначених авторів можна стверджувати, що на сьогодні найменш дослідженими є пружні характеристики зволоженої овечої вовни, зокрема грубої, при ущільненні з урахуванням її технологічних властивостей.

Виклад основного матеріалу. Досліджуваним матеріалом при проведенні експериментів у лабораторних умовах була вовна груба романівської породи овець з технологічними властивостями зазначеними в табл. 1.

Таблиця 1 – Технологічні властивості досліджуваного матеріалу

№ зп	Назва	Вологість, %	Забрудненість, %		Вовняний жир, %	Вихід чистої вовни, %
			рослинні домішки	бруд		
1	Вовна груба (вихідна)	15,30	6,25	13,02	9,82	84,70

В процесі дослідження деформаційних характеристик зволоженої грубої вовни при її ущільненні передбачена зміна факторів (табл. 2), прийнятих на основі аналізу досліджень авторів [1-6].

Таблиця 2 – Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні та інтервали варіювання факторів	Вологість вовни	Тиск стискання (маса вантажу)
	W, %	P, кПа (m, кг)
Верхній рівень	68,8	4,826 (3,26)
Основний рівень	51,1	3,249 (6,59)
Нижній рівень	15,3	1,723 (10,03)

Дослідження деформаційних характеристик зволоженої грубої вовни при її ущільненні проводяться згідно плану, який представлено в табл. 3.

Таблиця 3 – План досліджень

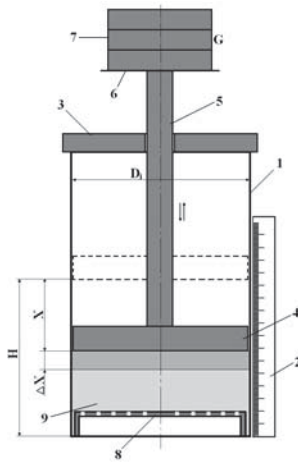
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P, кПа	1,72	3,25	4,83	1,72	3,25	4,83	1,72	3,25	4,83
W, %	15,30	15,30	15,30	51,10	51,10	51,10	68,80	68,80	68,80

Для дослідження в лабораторних умовах динаміки зміни деформації зволоженої грубої овечої вовни при ущільненні розроблено конструкційну схему (рис. 1а) й створено лабораторну установку (рис. 1б).

Дослідження деформаційних характеристик зволоженої грубої вовни при ущільненні проводяться в три етапи. Перший етап – підготовка зразків грубої вовни. Зважування зразків грубої вовни: вихідної та після тріпання ($G_i = 100$ г). Зволоження зважених зразків грубої вовни: вихідної та після тріпання до заданої вологості (W_i). Повторність дослідів-триразова. Другий етап – дослідження динаміки зміни відносної деформації шару зразків вихідної та зволоженої грубої вовни при однократному заданому статичному навантаженні на нього в замкненому об'ємі скляного циліндра ($D_i = 0,164$ м) без можливості бокового розширення. Третій етап досліджень передбачає визначення залежності пружного розширення стисненої грубої овечої вовни в часі (явище релаксації) після зняття навантаження.

Методологічну схему дослідження деформаційних характеристик зволоженої грубої вовни представлено на рис. 2.

Графічна інтерпретація результатів лабораторних досліджень при різному навантаженні й різній вологості вовни приведена на рис. 3-5.



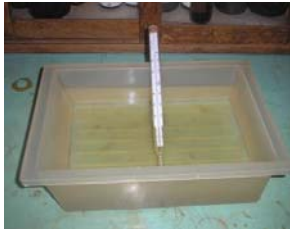
а) конструкційна схема



б) загальний вигляд

1 – скляний циліндр; 2 – міліметрова шкала; 3 – кришка; 4 – плунжер;
5 – шток; 6 – диск; 7 – вантаж; 8 – днище; 9 – зразок вовни

Рисунок 1 – Лабораторна установка



а) приготування розчину ($t=35-40^{\circ}\text{C}$)



б) зважування зразка вовни ($m=100\text{г}$)



в) зволоження зразка вовни (до W_i)



д) завантаження зразка в циліндр



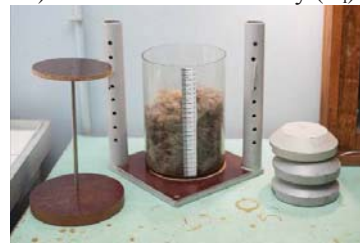
е) встановлення поршня в циліндр



ж) встановлення вантажу (G_i)



з) зняття вантажу



и) зняття поршня

Рисунок 2 – Методологічна схема дослідження деформаційних характеристик зволоженої грубої вовни

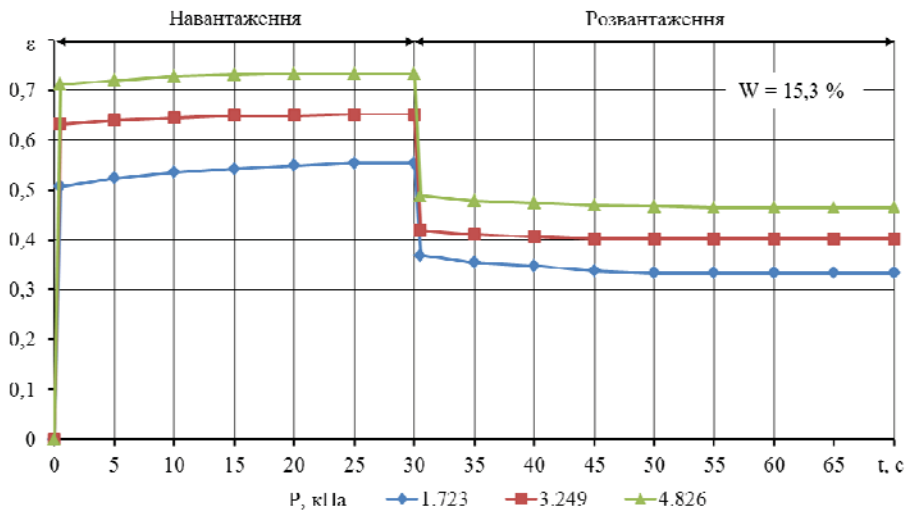


Рисунок 3 – Динаміка відносної деформації ϵ зволоженої грубої вовни ($W = 15,3\%$) в часі t залежно від тиску P

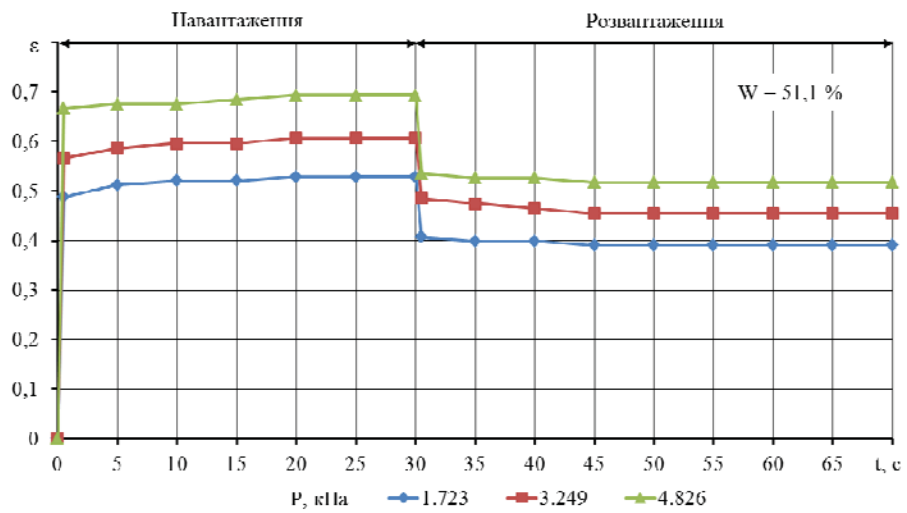


Рисунок 4 – Динаміка відносної деформації ϵ зволоженої грубої вовни ($W = 51,1\%$) в часі t залежно від тиску P

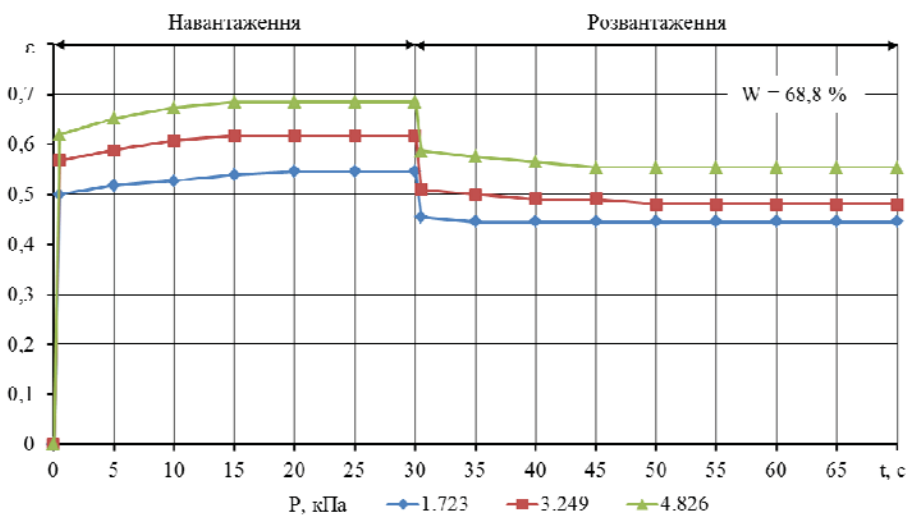


Рисунок 5 – Динаміка відносної деформації ϵ зволоженої грубої вовни ($W = 68,8\%$) в часі t залежно від тиску P

Аналіз рис. 3-5 показує, що процес деформації (ущільнення) зволоженої грубої вовни відбувається в два етапи:

– перший етап: в початковий момент навантаження спостерігається явище миттєвої пружної деформації ε_0 ;

– другий етап: подальше поступове стискається зволоженої грубої вовни до певного значення ε_1 .

Аналізуючи хід протікання процесу релаксації ущільненої зволоженої грубої вовни після зняття навантаження за рис. 3-5 можна умовно його розділити на два етапи:

– перший етап: миттєва релаксація ε_2 , яка характеризує пружні властивості зволоженої грубої вовни;

– другий етап: поступова релаксація, яка проходить певний проміжок часу до встановлення стаціонарного значення деформації ε_3 .

Спостереження за деформацією зволоженої грубої вовни, як волокнистого матеріалу, в процесі її навантаження і розвантаження дали змогу прийняти її реологічну модель як пружно-в'язко-пластичне тіло (рис. 6).

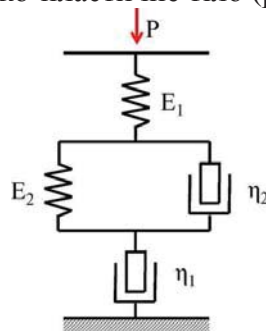


Рисунок 6 – Реологічна модель зволоженої грубої вовни як пружно-в'язко-пластичного тіла

Загальний вигляд рівняння деформації пружно-в'язко-пластичного тіла, виходячи з [7-10] має вигляд:

$$\varepsilon = P \cdot \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{E_2 t}{\eta_2}} \right) + \frac{t}{\eta_1} \right), \quad (1)$$

де ε – відносна деформація;

P – тиск, Па;

E_1, E_2 – модуль пружності, Па;

η_1, η_2 – динамічна в'язкість, Па·с;

t – час, с.

З рис. 3-5 видно, що початкова і залишкова деформації зволоженої грубої вовни ε_0 та ε_3 залежать від її вологості і тиску навантаження. В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії отримана математична модель впливу вологості грубої вовни і тиску навантаження на її початкову і залишкову деформацію:

$$\varepsilon_0 = 0,4179 + 0,0581 P - 0,000658 W, \quad (2)$$

$$\varepsilon_3 = 0,2258 + 0,03968 P + 0,00198 W, \quad (3)$$

де W – вологість грубої вовни, %;

P – тиск навантаження, кПа.

В результаті дослідження модуля пружності грубої вовни залежно від її вологості встановлена залежність відносної деформації від тиску навантаження (рис. 7).

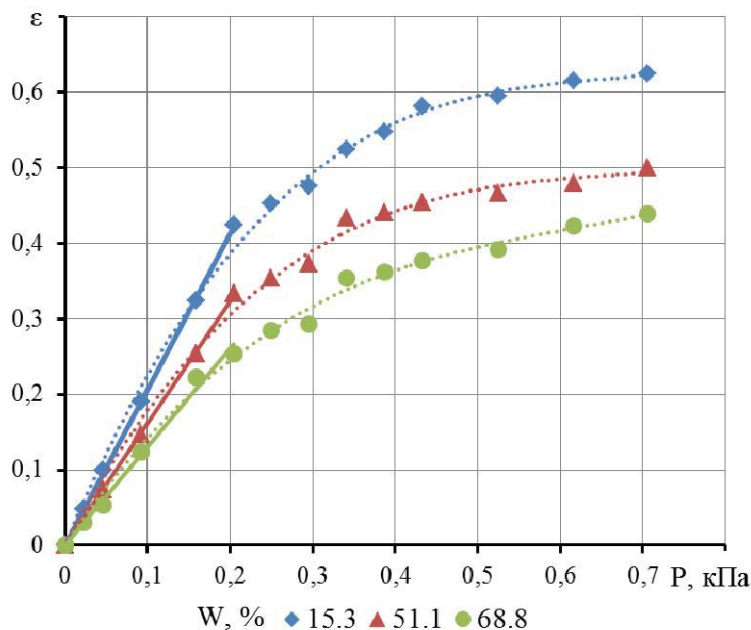


Рисунок 7 – Залежність відносної деформації зволоженої грубої вовни ϵ_0 від її вологості W і тиску навантаження P

З рис. 7 видно, що на початку навантаження спостерігається лінійна залежність, яка вказує на наявність пружної деформації. Рівняння залежності модуля пружності від вологості можна представити у вигляді:

$$E_1 = 5,2208 W + 385,5 \quad (4)$$

В результаті лабораторних досліджень деформаційних характеристик зволоженої грубої вовни експериментально встановлено, що шар грубої вовни має певні пружні властивості, а її вологість є основним параметром, який визначає ступінь її деформації. Спостереження за динамікою зміни відносної деформації зволоженої грубої вовни в процесі її навантаження і розвантаження дали змогу прийняти її реологічну модель як пружно-в'язко-пластичне тіло. В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії отримано математичну модель впливу вологості грубої вовни і тиску навантаження на її початкову і залишкову деформацію. При дослідженні модуля пружності грубої вовни залежно від її вологості встановлено залежність відносної деформації від тиску навантаження.

Подальші дослідження будуть зосереджені на практичному втіленні отриманих результатів при проектуванні та виготовленні робочих органів малогабаритних плитно-валяльних машин.

Список літератури

1. Кузнецов В.А. Исследование закономерности сжимаемости плоских текстильных материалов / В.А. Кузнецов, С.А. Полумисков, С.Б. Найолова // Оборудование для ткацкого и красильно-отделочного производства. Экспресс-информация / ЦНИИТЭИЛегпишемаш. – М., 1980. – С. 11 - 16.
2. Румянцев А.А. Контактная задача о деформировании волокнистого материала в отжимных валах / А.А. Румянцев, А.Б. Брут-Бруляко // Изв. Вузов. Технология текст. Пром-сти. – 1987. – №4. – С. 92 - 95.
3. Энхбаатар П. Определение деформационных характеристик слоя шерсти / П. Энхбаатар, А.В. Демидов, Ю.Г. Фомин // Вестник НПО. – 2002. – Вып. №5. – С. 29 -32.

4. Демидов А.В. Исследование деформационных характеристик слоя шерсти / А.В. Демидов // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой пром-ти. (Поиск-2003). Тез. Докл. Межвуз. научн.-техн. конф. – Иваново, 2003. – С. 108-110.
5. Удвал Л. Исследование зависимости влажности шерсти после отжима от технологических факторов / Л. Удвал, С.В. Белов, А.В. Демидов, Ю.Г. Фомин // Известия вузов. Технология текст. пром-ти. – 2004. – Вып. №6.
6. Демидов А.В. Исследование зависимости модуля деформации от плотности и влажности шерсти / А.В. Демидов, Т.П. Туцкая, С.В. Белов, Ю.Г. Фомин // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой пром-ти (Прогресс-2004). Тез. Докл. Междунар. научн.-техн. конф. – Иваново 2004.
7. Алферов С.А. Закономерности при сжатии соломы / С.А. Алферов // Сельхозмашина. – 1957. – №3. – С.6-10.
8. Батыршин А.Г. Закономерности изменения сопротивления сена при пресовании с вибрацией / А.Г. Батыршин, А.М. Муратов // Вестник сельскохозяйственной науки. – Алма-Ата, 1964. – №10. – С. 90-96.
9. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности, ползучести / Н.И. Безухов. – М.: Высшая школа, 1968. – 512 с.
10. Особов В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Г.К. Васильев, А.В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.

Elchin Aliev, Viktor Lykhodid, Viktor Zabudchenko, Vitalij Ivlev

Zaporozhye research center of Mechanization of animal husbandry, Zaporozhye

The study of the dynamics of change in deformation of rough wool during compaction

Determination of the deformation characteristics of moistened rough wool during compaction taking into account its technological properties.

Given the results of laboratory studies of the dynamics of deformation of moistened rough wool during compression and after unloading time taking into account its technological properties. Experimentally established, that the layer of rough wool has some elastic properties, and its moisture content is the main parameter that determines the degree of deformation. Monitoring the change of dynamics of relative deformation moistened rough wool in the process of loading and unloading allowed to accept its rheological model as elastic-visco-plastic body. As a result of calculation of the regression coefficients is obtained mathematical model of the influence of humidity of rough wool and pressure load on its initial and residual deformation. In the study of elastic modulus of rough wool depending on its moisture found the dependence of relative deformation from the pressure load.

Further research will focus on the practical implementation of the results in the design and manufacture of compact slab-felting machines.

sheep breeding, rough wool, moisture, compaction, dynamics, deformation, laboratory studies

Одержано 15.01.15

УДК 631.363.285

В.В. Братішко, ст. наук. співроб., канд. техн. наук

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», смт. Глеваха, vbratishko@gmail.com

Продуктивність та енергоємність процесу гранулювання зерно-стеблової кормосуміші гвинтовим гранулятором

© В.В. Братішко, 2015