

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.<sup>2</sup>

*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 её технологических свойств. Экспериментально установлено, что слой грубой шерсти имеет определённые пружинящие свойства, а её влажность является основным параметром, который определяет степень её деформации. Наблюдения за динамикой изменения относительной деформации увлажнённой грубой шерсти в процессе её нагрузки и разгрузки дали возможность принять её реологическую модель как упруго-вязко-пластичное тело. В результате расчетов коэффициентов регрессии получено математическую модель влияния влажности грубой шерсти и давления нагрузки на её начальную и остаточную деформацию. При исследовании модуля упругости грубой шерсти зависимо от её 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

<sup>2</sup> 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

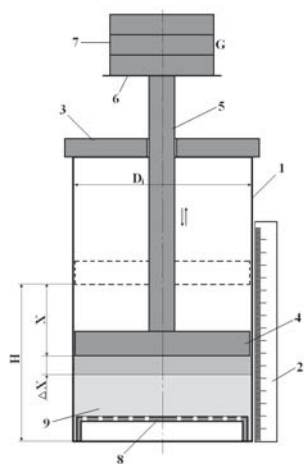
| №      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P, кПа | 1,72  | 3,25  | 4,83  | 1,72  | 3,25  | 4,83  | 1,72  | 3,25  | 4,83  |
| W, %   | 15,30 | 15,30 | 15,30 | 51,10 | 51,10 | 51,10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

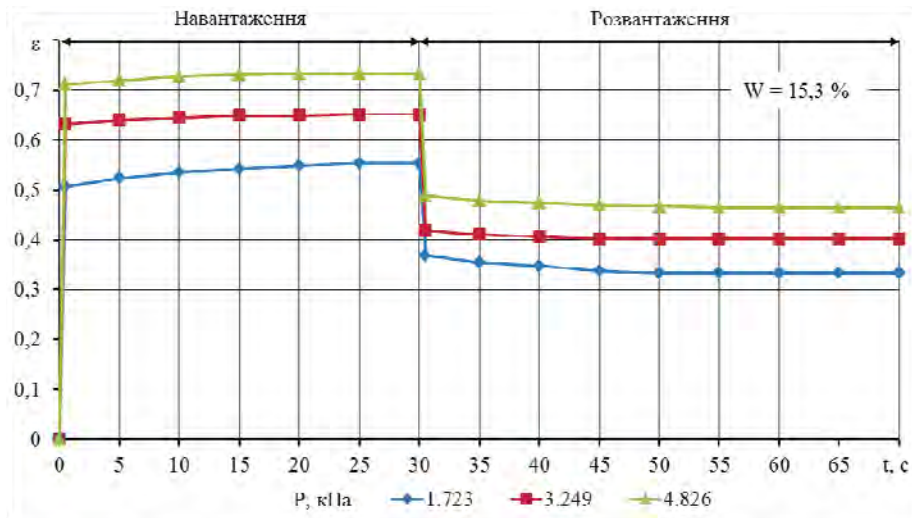


Рисунок 3 – Динаміка відносної деформації  $\epsilon$  зволоженої грубої вовни ( $W = 15,3\%$ ) в часі  $t$  залежно від тиску  $P$

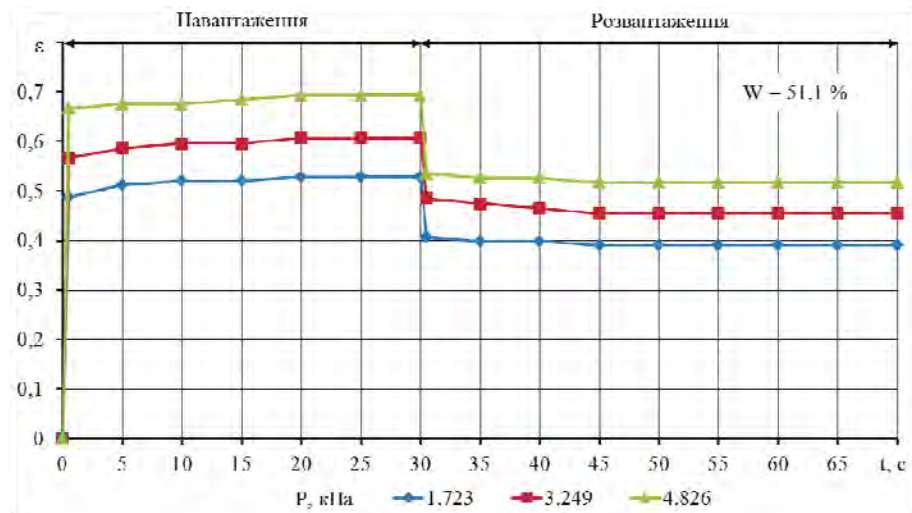


Рисунок 4 – Динаміка відносної деформації  $\epsilon$  зволоженої грубої вовни ( $W = 51,1\%$ ) в часі  $t$  залежно від тиску  $P$

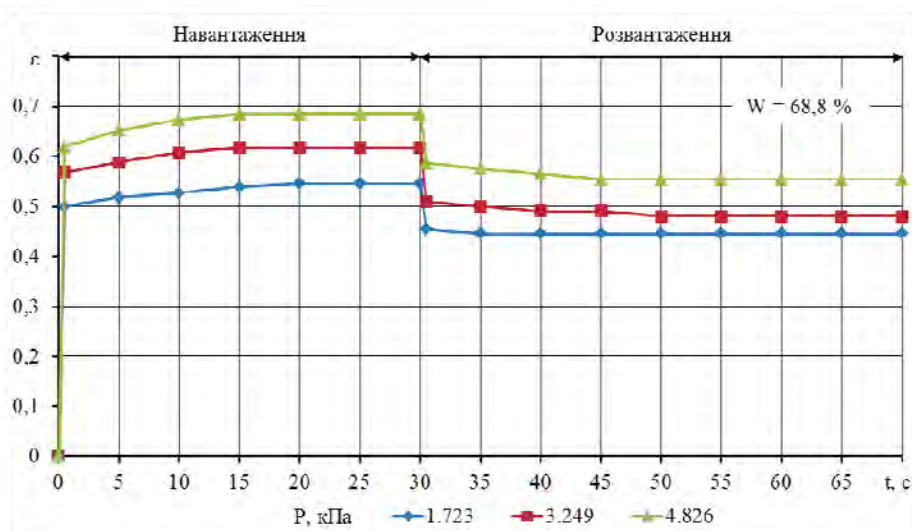


Рисунок 5 – Динаміка відносної деформації  $\epsilon$  зволоженої грубої вовни ( $W = 68,8\%$ ) в часі  $t$  залежно від тиску  $P$

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  $\varepsilon_0$ ;

– другий етап: подальше поступове стискається зволоженої грубої вовни до певного значення  $\varepsilon_1$ .

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  $\varepsilon_2$ , яка характеризує пружні властивості зволоженої грубої вовни;

– другий етап: поступова релаксація, яка проходить певний проміжок часу до встановлення стаціонарного значення деформації  $\varepsilon_3$ .

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).

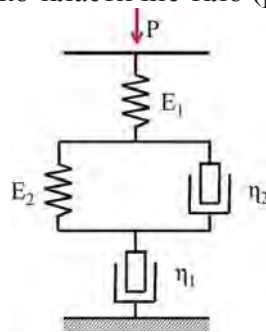


Рисунок 6 – Реологічна модель зволоженої грубої вовни як пружно-в'язко-пластичного тіла

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  $\varepsilon$  – відносна деформація;

$P$  – тиск, Па;

$E_1, E_2$  – модуль пружності, Па;

$\eta_1, \eta_2$  – динамічна в'язкість, Па·с;

$t$  – час, с.

З рис. 3-5 видно, що початкова і залишкова деформації зволоженої грубої вовни  $\varepsilon_0$  та  $\varepsilon_3$  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).

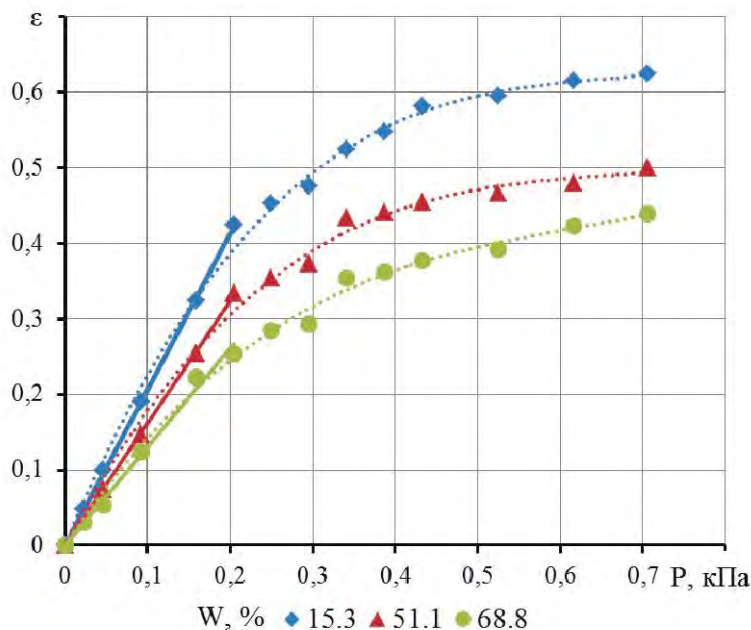


Рисунок 7 – Залежність відносної деформації зволоженої грубої вовни  $\epsilon_0$  від її вологості  $W$  і тиску навантаження  $P$

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Кіровоградський національний технічний університет

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ  
КІРОВОГРАДСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**ТЕХНІКА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ,  
ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ**

За загальною редакцією М.І. Черновола

Заснований у 2001 році

**В и п у с к 28**

Кіровоград • 2015



ББК 34.751+32.965=31

УДК 62:631.3

Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/. – вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – 332 с.

У збірнику представлені статті, присвячені проблемам проектування та експлуатації сільськогосподарської техніки, технології виробництва, енергозбереження, автоматизації в промисловості та сільському господарстві. Наведені практичні рекомендації до використання результатів досліджень у галузях народного господарства.

Збірник є фаховим виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень вчених, аспірантів університету, а також інших навчальних закладів та промислових підприємств України.

Збірник розрахований на наукових, науково-технічних працівників різних галузей науки та техніки, ВНЗ, здобувачів вчених ступенів і звань.

Рекомендовано до друку Вченою радою Кіровоградського національного технічного університету, протокол №9 від 8 червня 2015 року.

Головний редактор: д-р техн. наук, проф. Черновол М.І.

Редакційна колегія: Белоцерковський М.А., д-р техн. наук, проф. (Білорусь); Варума Аріфа, Dr PhD (Нігер); Віхрова Л.Г., канд. техн. наук, проф. (науковий редактор за напрямком “Автоматизація”); Гамалій В.Ф., д-р ф.-м. наук, проф.; Жорнік В.І., д-р техн. наук (Білорусь); Кириченко А.М., д-р техн. наук, доц.; Кропівний В.М., канд. техн. наук, проф. (заступник головного редактора); Осадчий С.І., д-р техн. наук, проф.; Осіпов І.М., канд. техн. наук, доц. (науковий редактор за напрямком “Техніка в сільськогосподарському виробництві”); Павленко І.І., д-р техн. наук, проф. (науковий редактор за напрямком “Галузеве машинобудування”); Петренюк А.Я., д-р ф.-м. наук, проф.; Сабірзянов Т.Г., д-р техн. наук, проф.; Сафонов В.В., д-р техн. наук, проф. (РФ); Смірнов О.А., д-р техн. наук, проф.; Філімоніхін Г.Б., д-р техн. наук, проф.; Шепеленко І.В., канд. техн. наук, доц. (відповідальний секретар).

Адреса редакційної колегії: 25030, м. Кіровоград, проспект Університетський, 8, Кіровоградський національний технічний університет, тел.: 390-472, 390-437, 55-10-49.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації. Редакція може публікувати статті в порядку обговорення, не поділяючи точки зору автора.

Збірник включений рішенням Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України в перелік наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук. Затверджений наказом Міносвіти і науки України № 1528 від 29.12.14р.

Рестраційне свідоцтво: серія KB № 15253-3825 ПП від 30.04.2009 р.

|   |     |
|---|-----|
| <i>Р.Г. Пузырь</i><br>Анализ распределения напряжений при радиально-ротационном<br>профилировании ободьев колес .....   | 86  |
| <i>О. Ф. Сіса</i><br>Біполярна обробка електричною дугою твердосплавних прокатних валків.....   | 91  |
| <i>В.Б. Струтинський, І.В. Перфілов</i><br>Дослідження мікропрофіля поверхні одержаного вібраційною обробкою<br>фрезами малого діаметра.....  | 97  |
| <i>С.В. Струтинський</i><br>Просторові системи пластично-деформованих мехатронних приводів<br>на основі сплавів із пам'яттю форми .....   | 106 |
| <i>В.М.Шмельов</i><br>Розмірна обробка електричною дугою ступінчастих стержнів .....  | 118 |
| <b>ТЕХНІКА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ</b>   |     |
| <i>Е. Б. Алієв, В. В. Лиходід, В. М. Забудченко, В. В. Полюсов</i><br>Дослідження динаміки деформації руна грубої овечої вовни при розтягуванні .....   | 123 |
| <i>В.В. Аулін, А.В. Гриньків</i><br>Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості<br>удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільно<br>сільськогосподарської техніки ..... | 126 |
| <i>Е.Б. Алієв, В.В. Лиходід, В.М. Забудченко, В.В. Івлєв</i><br>Дослідження динаміки деформації зволоженої грубої овечої вовни<br>при ущільненні .....  | 132 |
| <i>В.В. Братішко</i><br>Продуктивність та енергоємність процесу гранулювання зерно-стеблової<br>кормосуміші гвинтовим гранулятором .....  | 138 |
| <i>О.В. Бевз, С.О. Магопець, О.О. Матвієнко</i><br>Вплив автомобільного транспорту на повітряний басейн міста Кіровограда .....   | 144 |
| <i>С.В. Бондарчук</i><br>До питання про вплив авіаційного шуму на людину .....  | 149 |
| <i>І.Ф. Василенко</i><br>Вибір матеріалів порошкових дротів для нанесення композиційних покриттів .....   | 154 |
| <i>К.В. Васильковська, О.М. Васильковський</i><br>Визначення оптимальних параметрів пристрою для видалення зайвого<br>насіння з комірок висівного диска пневмомеханічного апарата .....               | 159 |