

## ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ УСТАНОВКИ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ОВЕЦЬ ПЕРЕД СТРИЖЕННЯМ

Цибух А. В., Лисиченко М. Л., Скрипка Л. С.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*В статті, на основі аналізу літератури встановлена необхідність сортування стада овець по відтінку шерсті, для чого розроблено конструкцію установки, яка здійснює сортування на основі теоретичних викладок, визначені зусилля в електроприводі рухомої платформи та сформульовані вимоги до його параметрів.*

**Постановка проблеми.** Протягом останніх років сільське господарство України досягло стабільної позитивної динаміки і все більше нарощує виробництво продукції. Однак, сучасні кількісні та якісні параметри технічно-технологічного оснащення галузі не відповідають світовим аналогам і не забезпечують конкурентні переваги вітчизняній продукції. Тому, подальший розвиток галузі, яка є однією з найважливіших в економіці країни, потребує перетворень, які підвищать продовольчу безпеку держави [1].

Галузь тваринництва, в якій формується близько 30 % валового сільськогосподарського виробництва, займає важливе місце в аграрному комплексі економіки України. Незважаючи на певні економічні важелі щодо стимулювання виробництва продукції тваринництва та досягнення зоотехнічної науки стан справ погіршується. Особливо це стосується таких сегментів, як молочне скотарство, вівчарство, свинарство, де ліквідовано значну частину сільськогосподарських підприємств і продовжується спад виробництва [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз статистичних даних щодо стану вівчарства в Україні показує що загальне поголів'я овець з 1991 р. скоротилось майже в 10 разів і в 2017 р. склало тільки 743,9 тис. гол. Першочерговим завданням галузі є розвиток велико-товарного виробництва та створення об'єктів заготівельної і переробної інфраструктури в місцях концентрації поголів'я овець [2].

Відповідно визначених завдань необхідно забезпечити технічну підтримку обладнанням для реалізації технологічних операцій з метою зниження собівартості виробництва вовни в Україні. При вирощуванні овець періодично, відповідно існуючих зоотехнічних вимог, проводять бонітування стада – оцінку племінних і продуктивних якостей тварин для визначення напрямів їх подальшого використання і утримання [3].

Сортування та ідентифікація відтінків шерсті овець перед стриженням є однією із важливих технологічних операцій у промисловому вівчарстві [4].

Не останнім фактором який впливає на якість і ціну вовни є її відтінок, також дозволяє заздалегідь оцінювати продуктивність тварини і вести успішне планування стада і проводити селекційну роботу [5, 6].

Відомо, що вівці в межах, наприклад сірого забарвлення мають різноманітність за фенотипною озна-

кою – відтінками смушка, який підрозділяється на світло-сірий, середньо-сірий і темно сірий. Зв'язки між відтінком і деякими ознаками продуктивності, вказують на необхідність подальшого ведення селекційно племінної роботи у напрямі формування стада з тваринами бажаного смушка [7].

Бонітування і насамперед стриження овець є важким завданням, яке вимагає застосування роботозиваної техніки, що обумовлює необхідність застосування адаптивного керування, з використанням сенсорів надання інформації [8, 9].

**Метою дослідження** є розробка установки для сортування овець перед стриженням або подальшим утриманням з урахуванням кольору забарвлення смушка.

**Матеріали і методи дослідження.** Досягнення сформульованої мети дозволяє підвищити вартість шерсті при її реалізації після стриження або підвищення продуктивності при наступному нарощуванні шерсті.

Технічна реалізація вказаної мети полягає в удосконаленні установки для сортування овець за рахунок додаткового встановлення пристрою лазерної установки, рухомої платформи з електроприводом і автоматичних воріт для спрямування овець у відповідні бокси для формування стада (рис. 1).

Принцип роботи установки полягає в тому, що стадо овець потрапляє в накопичувач – 1, потім по обмеженому, на одну вівцю, проходить потрапляють на пункт діагностики – 2, де за допомогою блоку лазерного опромінювання – 5 визначається колір шерсті і формується сигнал для керування електроприводом рухомої платформи – 4. Потім тварина переходить на рухому платформу – 3, яка в залежності від визначеного відтінку шерсті тварини повертається на платформу в напрямку відповідного проходу до боксу – 6. Надійність роботи установки по сортуванню овець у значній мірі залежить від ефективності роботи рухомої платформи, вірніше від її електропривода тому, розглянемо силові фактори, під впливом яких знаходяться механічної частини електроприводу платформи.

Окрім електромагнітного моменту на механічну частину електроприводу діють статичні навантаження, які представлені силами та моментами механічних втрат і моментами корисних навантажень виконавчих механізмів (рис. 2)

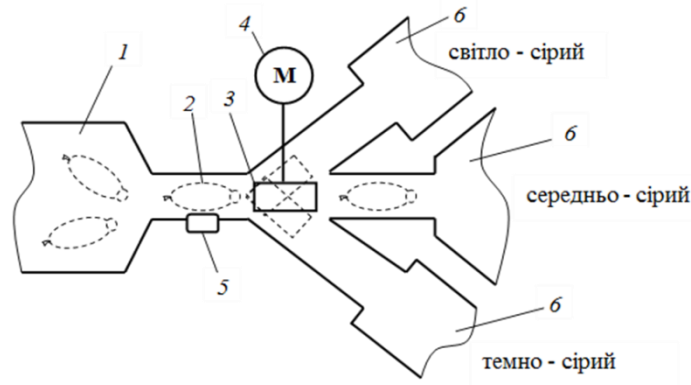


Рисунок 1 - Установа для подачі овець на стриження; 1 - накопичувач, 2 - пункт діагностики, 3 - рухома платформа, 4 - електропривод платформи, 5 - блок лазерного опромінювання, 6 - бокси для накопичення овець по кольору шерсті

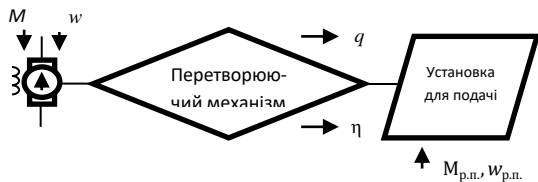


Рисунок 2 – Структурна схема системи:  
 $M$  - електромагнітний момент електродвигуна;  $w$  - кутова швидкість електродвигуна;  $q$  - передаточне відношення перетворюючого механізму;  $M_{р.п.}$  - моменти сил, які діють на рухома платформу;  $w_{р.п.}$  - кутова швидкість рухома платформи

Розрахункову схему механічної частини електроприводу можливо представити у вигляді трьох - масової структури (рис. 3):

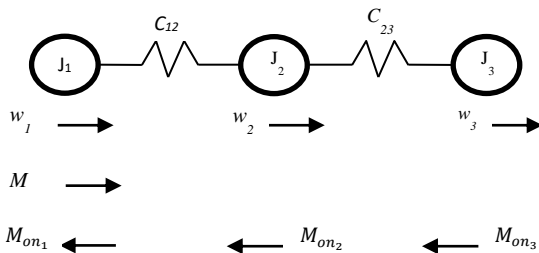


Рисунок 3 – Розрахункова схема механічної частини електроприводу:  
 електродвигун з моментом інерції  $J_1$ ; перетворюючий механізм (редуктор) з моментом інерції  $J_2$ ; установа для подачі овець на стриження з моментом інерції  $J_3$ ;  $M_{он1}$ ,  $M_{он2}$ ,  $M_{он3}$  - моменти опору;  $C_{12}$ ,  $C_{23}$  - жорсткість передаточних механізмів

Будемо вважати: - що механічні характеристики електродвигуна та робочого органу у вигляді установки для подачі овець на стриження лінійні, і жорсткість передаточних механізмів в цій області існування постійна; - момент опору рухома платформи не залежить від швидкості, а її потужність зростає лінійно зі збільшенням швидкості [10].

Введемо вектор  $\bar{F}$ , як головний вектор сил, що діють в електроприводі, з нульовим моментом розподілу сил:

$$\bar{F} = \int d\bar{F} \quad (1)$$

Також для даного електропривода введемо вектор  $\bar{M}$ , як вектор головного момента сил, представленого моментом 1-го порядку розподілу сил:

$$\bar{M} = \int r d\bar{F} \quad (2)$$

Сили, які діють в електроприводі представлені у вигляді матриці  $H$ :

$$H = \begin{vmatrix} \int x dF_x & \int y dF_x & \int z dF_x & \int dF_x \\ \int x dF_y & \int y dF_y & \int z dF_y & \int dF_y \\ \int x dF_z & \int y dF_z & \int z dF_z & \int dF_z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad (3)$$

де  $F_x, F_y, F_z$  - проекції сил на відповідні вісі.

Перерахунок матриці сил  $H$ , яка виражена в  $i$ -тій локальній системі, в матриці сил  $H_0$  в абсолютній системі координат здійснимо за допомогою матриці перетворення  $T_i^T$ :

$$H_0 = HT_i^T \quad (4)$$

Матриці швидкостей елементарних обертів ланок електропривода навколо осей  $x, y, z$  представимо у вигляді:

$$\Pi_1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}; \quad \Pi_2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix};$$

$$\Pi_3 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (5)$$

Відповідно матриці швидкостей зсувів ланок електропривода вздовж осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  будуть мати вигляд:

$$P_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; P_5 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; P_6 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Проекції вектора головного моменту сил і вектора головного вектора сил на осі абсолютної системи координат виразимо матрицями:

$$H, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6 \quad (7)$$

$$\begin{aligned} M_x &= S_p(H, P_1^T); & F_x &= S_p(H, P_4^T); \\ M_y &= S_p(H, P_2^T); & F_y &= S_p(H, P_5^T); \\ M_z &= S_p(H, P_3^T); & F_z &= S_p(H, P_6^T) \end{aligned} \quad (8)$$

Силу  $F_z$  будемо розглядати як силу тяжіння, а Силу  $F_y$ , як силу опору середовища.

Представимо рухому платформу установки для сортування перед стрижням овець як ланку  $k$ , на яку діють сили  $\bar{F}_k^{k-1}$  з боку  $k-1$  ланки – трансмісії електропривода.

Сили, які діють на  $k$  - ланку, можливо представити через  $\bar{F}_h^{y-1}$  – головний вектор сил та  $\bar{F}_k^{in}$  – головний вектор сил інерції.

Із метода Германа-Ейлера залучимо головну аналітичну залежність, виразивши її у матричному вигляді:

$$H_k^{k1} = H_k^e + H_k^{in} = 0 \quad (9)$$

$H_k^{k-1}$  – матриця сил, які діють на  $k$  ланку з боку  $k-1$  ланки, виражена в абсолютній системі координат;

$H_k^e$  – матриця зовнішніх сил, які діють на  $k$  ланку, виражена в абсолютній системі координат;

$H_k^{in}$  – матриця сил інерції, які діють на  $k$  ланку, виражена в абсолютній системі координат;

Перетворимо вище викладений запис:

$$\begin{aligned} -H_k^{k-1} &= H_k^e + H_k^{in}; \\ H_{k-1}^k &= H_k^e + H_k^{in}; \end{aligned} \quad (10)$$

Відповідно

$$H_{k-2}^{k-1} = H_k^e + H_k^{in} + H_{k-1}^k$$

Після визначення усіх матриць  $H$ ,  $k = 1, 2$  знаходимо проекції моментів  $\bar{M}_k$  і сил  $\bar{F}_k$ :

$$M_{kx} = -S_p(H_{k-1}^k, P_1^T);$$

$$M_{ky} = -S_p(H_{k-1}^k, P_2^T);$$

$$M_{kz} = -S_p(H_{k-1}^k, P_3^T); \quad (11)$$

$$F_{kx} = -S_p(H_{k-1}^k, P_4^T);$$

$$F_{ky} = -S_p(H_{k-1}^k, P_5^T);$$

$$F_{kz} = -S_p(H_{k-1}^k, P_6^T).$$

Сили, які діють на  $k$  – ланці, будемо визначати в  $i$ -й локальній системі координат, в якій осі безпосередньо пов'язані з переміщенням.

При цьому вектори  $\bar{M}_k$  і  $\bar{F}_k$  переводимо з абсолютної системи в локальну  $i$ -ту систему координат:

$$\bar{M}_k^i = T_i^{-1} \bar{F}_k; \quad \bar{F}_k^i = T_i^{-1} \bar{F}_k \quad (12)$$

Матрицю сил інерції  $H_k^{ih}$  для  $k$  – ланки, яка представлена в абсолютній системі координат, визначимо тензором інерції  $\theta_k^i$ , вираженого в  $i$ -й локальній системі координат:

$$\theta_k^i = \begin{pmatrix} J_{xx}^{(i)} & J_{xy}^{(i)} & J_{xz}^{(i)} & m_k x_k^* \\ J_{yx}^{(i)} & J_{yy}^{(i)} & J_{yz}^{(i)} & m_k y_k^* \\ J_{zx}^{(i)} & J_{zy}^{(i)} & J_{zz}^{(i)} & m_k z_k^* \\ m_k x_k^* & m_k y_k^* & m_k z_k^* & m_k \end{pmatrix} \quad (13)$$

де  $m_k$  – маса  $k$  – ланки,  $x_k^*$ ,  $y_k^*$ ,  $z_k^*$  – координати центру мас  $k$  - ої ланки в особистій системі координат.

Враховуючи що:

$$H_k^{in} = -\ddot{T}_i \theta_k^i T_i^T$$

Отримуємо:

$$M_x^{in} = -\ddot{T}_i \theta_k^i T_i^T P_1^T, \quad F_z^{in} = -\ddot{T}_i \theta_k^i T_i^T P_6^T \quad (14)$$

Схема керування установкою (рис. 4) працює наступним чином. Перед початком сортування овець по кольору шерсті для подальшого стрижня або утримання, електротехнічне обладнання підключають до мережі через блок живлення – 3, який перетворює напругу -  $U_i$  в необхідне значення –  $U_{ml-5}$ .

При наявності тварини в пункті діагностики – 2, проводиться визначення відтінку шерсті завдяки роботі блоку лазерної діагностики – 5 (рис.1.).

Потім контролер – 4 формує два керуючі сигнали: один на електропривод – 2 рухомої платформи – 3 (рис. 1), яка повертається навпроти відповідного проходу до боксів – 6 (рис. 1) в залежності від визначеного відтінку; другий на електропривод – 5 воріт рухомої платформи – 3 (рис. 1) і тварини потрапляють у відповідний бокс – 6 (рис. 1).

Інформація про процес сортування овець виводиться на блок візуалізації – 6, якою користується оператор при роботі.

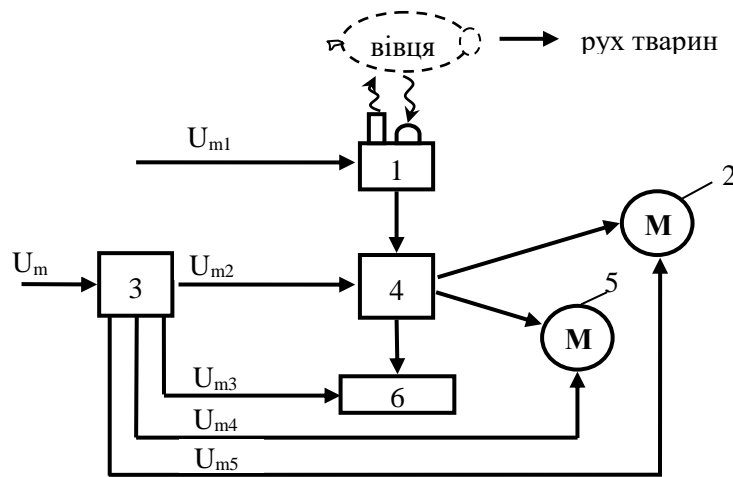


Рисунок 4 – Схема керування установкою для сортування овець:

1. – Блок лазерної діагностики; 2 – електропривод рухомої платформи; 3 – блок живлення; 4 – контролер; 5 – електропривод воріт рухомої платформи; 6 – блок візуалізації - екран оператора

**Висновки.** Таким чином, визначення, ще на стадії проектування, зовнішніх силових факторів, які впливають на роботу електроприводу установки для бонітування та стрижень овець дозволяє сформувати раціональну кінематичну структуру електроприводу з заданим рівнем надійності системи.

Використання запропонованої установки подачі овець на стрижень дозволить підвищити вартість шерсті при реалізації до 30% за рахунок чистоти відтінку, а у разі подальшого утримання збільшити продуктивність по нарощуванні шерсті на 13-17%.

#### Список використаних джерел

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. НААН України Я. М. Гадзало, М. І. Башенка, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка – К.: Аграр.наука, 2016. – 216 с.
2. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2013 рр.) / За ред. акад. НААН України М.І. Башенка – К.: Аграр.наука, 2017. – 160 с.
3. Wool Production [Текст] / [електронний ресурс] - режим доступу: <http://www.iwto.org/wool-production>
4. Top 10 Largest Wool Producing Countries in the World [Текст] / [електронний ресурс] -режим доступу: <https://www.bizvibe.com/blog/top-10-largest-wool-producing-countries>
5. Nechifor I., Pascal C., Florea M.Al., Padeanu I. Research on transmission of color at karakulul of botosani / Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Științifice - Seria Zootehnie, vol. 64 2015. – P. 49-52
6. Terefe G., Teklue T., Shimelis K. Study on common phenotypic traits for purchasing sheep and their association with price and purpose of purchase in four markets of East Showa Zone / Ethiop. Vet. J., 16 (2), 2012. - P. - 15-26
7. Махньова С. А. Ріст та розвиток сірих сокільських ягнят з урахуванням відтінку смушки // Вісник Сумського національного університету - Суми: СНАУ, 2001 – С. 250 – 252.
8. Trevelyan J. P. Sensing and control for sheep shearing robots / IEEE Transactions on Robotics and Automation, Dept. of Mech. Eng., Western Australia Univ.,

Nedlands, WA, Australia V. 5, Issue: 6, Dec 1989. – P. 716 – 727.

9. US Patent № 4,983,914 Proximity measurement by inductive sensing using single turn UHF energized coil sensors incorporated into cutter head of sheep shearing device Baranski Jan, The University of Western Australia, Nedlands, Australia Jan. 8, 1991. – 8 p.

10. Лисиченко М. Л. Електропривод у питаннях і відповідях / М. Л. Лисиченко, П. І. Савченко, О. К. Тищенко, В. В. Гузенко – Х.: ХНТУСГ; Факт. – 2012. – 500 с.

#### Аннотація

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ УСТАНОВКИ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ОВЕЦ ПЕРЕД СТРИЖКОЙ

Цыбух А. В., Лисиченко Н. Л., Скрипка Л. С.

*В этой статье, на основе анализа литературы, установлена необходимость сортировки овец по оттенку шерсти, для чего разработан проект установки, который выполняет сортировку на основе теоретических расчетов, определены усилия в электроприводе мобильной платформы и сформулированы требования к его параметрам.*

#### Abstract

#### DEFINES OF REQUIREMENTS FOR AN INSTALLATION DRIVE TO SORT SHEEP BEFORE TRIM

A. Tsybukh, M. Lysychenko, L. Skrypka

*In this article, based on an analysis of the literature, identified the need to sort sheep by wool tone, which designed a Setup project that performs sorting based on theoretical calculations, determined intensions in electric mobile platform and formulated requirements for its parameters.*