

Производство сельскохозяйственной продукции, удаления гноя, самотечная система периодического действия, свинокомплекс, геометрия ванны, глубина ванны, самсплавная труба, канализационной насосной станция.

In paper basic errors are considered at building of the drift system of moving away of manure of batch – type during building of modern and reconstruction of old pig farms, in particular violation of correct geometry and depth of baths, errors at the gasket of drift pipe, building of receiving reservoir of the sewage pumping station and her rigging.

Production of agricultural goods, moving away of pus, drift system of batch-type, pig farm, geometry of bath, depth of bath, drift pipe, sewage pump the station, receiving reservoir.

УДК 631.312

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СКРЕПЕРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

**М.І. Ікальчик, кандидат технічних наук
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»**

В даній статті розглянуті недоліки існуючих скреперних установок для видалення гною. Розроблено математичну модель процесу взаємодії скребків скрепера з гноем. Розроблений скреперний пристрій для прибирання гною з фронтальною робочою поверхнею скребків у вигляді відвала, що дасть змогу зменшити енерговитрати при прибиранні гною та поліпшити якість прибирання гнойового каналу.

Гній, скрепер, відвал, якість, енерговитрати.

Постановка проблеми. Своєчасно вичищені від гною приміщення для утримання тварин благотворно впливають на поліпшення мікроклімату та рівня гігієни. Ефективна система гноєвидалення дозволяє підвищити рівень комфорту тварин і як результат - збільшити їх продуктивність. Адже при частих прибираннях в повітрі знижується рівень вмісту азотистих газів і аміаку, які погано впливають як на самопочуття тварин, так і на їх продукцію.

Згідно санітарних і гігієнічних норм – всі приміщення і тварини повинні утримуватися в чистоті. Якщо після прибирання місць відпочинку тварин залишається гною більше 0,15–0,20 кг/м², то дуже

© М.І. Ікальчик, 2015

забруднюється їх шкіра і вим'я, створюються умови виникнення інфекційних захворювань [1]. При випарюванні вологи із залишеного гною повітря у приміщенні забруднюється шкідливими газами, підвищується його відносна вологість.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням процесу прибирання гною механічними засобами присвячені роботи М.К. Лінника, К.Є. Ростомяна, І.П. Арбузова, В.Ф. Баришнікова, В.Е. Вейнла, А.С. Цирятьєва, А.Д. Агасаряна, В.І. Бейттинка, В.А. Ясенецького та інших вчених.

Зокрема М.В. Левчикова розробила методику розрахунку шагу і кількості скребків (скреперів) установки; А.А. Шувалов дослідив зону розвороту скребків дельта-скреперної установки, і віднайшов оптимальне розподілення маси скребків за їх довжиною; О.Ф. Колде встановив, що тривалість розвороту скребка на холостому ході залежить від вихідного кута установки скребка штангових конвеєрів.

Значний внесок у обґрунтування напрямних адаптивних поверхонь робочих органів зробив С.С. Тищенко.

Мета досліджень. Добитися покращення якісних показників роботи скреперної установки за рахунок зміни конструкції скребків.

Результати досліджень. При безприв'язному способі утримання ВРХ гній прибирають з відкритих гнойових каналів, для цього застосовуються скреперні установки зі зворотно-поступальним рухом робочих органів, так звані «дельта-скрепери». Скреперні установки УС-15, УС-Ф-170, УС-250, УСГ-3 призначені для прибирання гною великої рогатої худоби у тваринницьких приміщеннях за боксового і комбінованого утримання тварин. Установки мають високий рівень уніфікації. Скреперна установка УСГ-3 складається з приводу, тягових ланцюгів, проміжних штанг, скреперів, поворотних роликів [2]. Скрепер – це робочий орган, що збирає і переміщує гній каналами. Він складається з повзуна, шарніра, натяжного пристрою та двох скребків. Залежно від ширини каналу розсувні скребки виставляють на ширину очищення від 1,8 до 3 м. На кінцях скребків болтами прикріплені гумові чистики, які очищають від гною стінки каналу.

Поряд з перевагами існують недоліки скреперних установок для видалення гною. Одним з недоліків є те, що скреперні установки не якісно згрібають гній з дна гнойового каналу. Практика показує, що для повного згрібання гною потрібно зробити три, а то і чотири проходи скрепера. Отже існує потреба розробити скреперний пристрій для повного прибирання гною з каналу і зменшити кількість його проходів. Для вирішення поставленої задачі пропонується робочу фронтальну поверхню скребків виконати у вигляді відвала.

Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка.

З цією метою були розроблені рівняння і на їх основі побудовані криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка. Виходячи з цього відвал скребка повинен бути зі змінним радіусом кривизни.

Завдяки цьому скрепки інтенсивно забирають ущільнений гній, внаслідок руйнування зв'язків між його шарами і при цьому скрепки краще притискаються до поверхні гнойового каналу, отже якісніше згрібають гній.

Суть удосконалення пояснюється кресленнями (рис. 1) де на фіг. 1 зображено скреперний пристрій, на фіг.2 розріз А-А скребка.

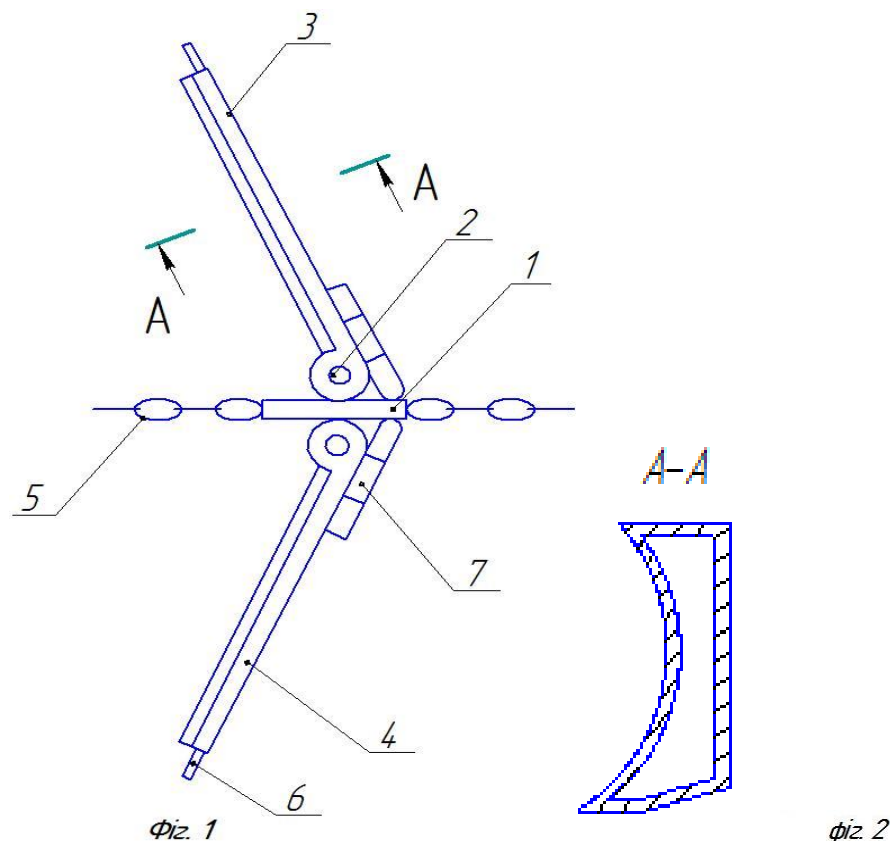


Рис. 1. Розроблений скреперний пристрій для прибирання гною.

Скреперний пристрій для прибирання гною складається з повзуна 1, пристрою поворотного 2, скребків 3, 4, ланцюга 5, гумового чистика 6, та упора 7. Робоча поверхня скребків у вигляді відвала дає змогу пласту гною частково нагромаджуватись на поверхню відвала і таким чином маса гною буде створювати додатковий тиск на скребок який буде притискати його до дна гнойового каналу. В результаті чого покращиться якість прибирання гною, а отже зменшиться число робочих проходів скреперного пристрою. Для забезпечення надійності роботи скрепера тильна поверхня скребка по відношенню до фронтальної поверхні піднята на 10–15°.

Техніко-економічні переваги скреперного пристрою що заявляється в порівнянні з прототипом полягає у збільшенні продуктивності при менших енерговитратах і загальних витратах на очистку, покращується якість прибирання гною із каналів. На дану розробку отриманий патент на корисну модель № 82787.

Д.т.н., професор І.І. Ревенко в підручнику [1] відзначав, що значний вплив на якість видалення гною має форма скребка.

Процес руху скребка відбувається таким чином, що попереду скребка знаходиться гній і скребок входить в масу гною, що теоретично можна представити як рух робочого органу в ґрунті. З урахуванням цього можна розглядати теорію академіка В.П. Горячкіна який обґрунтовуючи робочу поверхню ґрунтообробних машин відзначав [3], що незважаючи на надзвичайну різноманітність робочих органів ґрунтообробних знарядь, геометрична форма робочої поверхні кожного з них зводиться до клина, тобто клин лежить в основі і є прототипом культиваторних лап і інших ґрунтообробних машин. Виходячи з вище сказаного найефективнішою конструкцією скребка скреперної установки буде вгнута робоча поверхня [4]. Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка. Для цього знайдемо рівняння і побудуємо криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка.

Рух матеріальних частинок по гравітаційних поверхнях розглянуто в монографіях [5, 6]. Оскільки мається на увазі, що поверхні циліндричні із горизонтальним розташуванням твірних, то рух частинок можна досліджувати на плоских кривих - ортогональних перерізах цих поверхонь. У відповідних розділах згаданих праць такі поверхні і криві носять назву гравітаційних, тому що рух частинки обумовлений силою її ваги. Швидкість руху по кривій в таких випадках змінна. Проте в сільськогосподарських машинах можуть бути випадки, коли частинка рухається по поверхні із постійною швидкістю (наприклад, при примусовому русі частинок гною по поверхні скребка [7]). В такому випадку на частинку, крім сили ваги, діє інша активна сила $F_{\text{тр}}$ (сила тяги). Знайдемо такі криві, при русі по яких із постійною швидкістю частинка чинитиме сталий тиск. Очевидно, що такі криві уже не будуть гравітаційними. Знайдемо криві, що забезпечують сталий тиск при постійній швидкості руху частинки гною по них. Робимо припущення, що швидкість руху частинки по скребку дорівнює швидкості руху самого скребка по гнойовому каналу. Припустимо, що під дією сили *підпору* частинка гною рухається вгору по кривій із постійною швидкістю v (рис. 2). Знайдемо рівняння кривої, яка при заданій швидкості v забезпечить сталу реакцію $F_{\text{тс}}$ поверхні, тобто постійний тиск на поверхню. В практичному плані така поверхня буде рівномі-

рно зношуватися і менше буде схильна до залипання гною. Спроектуємо всі діючі сили на головну нормаль $\vec{n}$ кривої:

$$mg \cos \alpha + mv^2 k = F_{\text{тс}}, \quad (1)$$

де: k – кривина кривої в даній точці, m – маса частинки, $g=9,81\text{м/с}^2$.

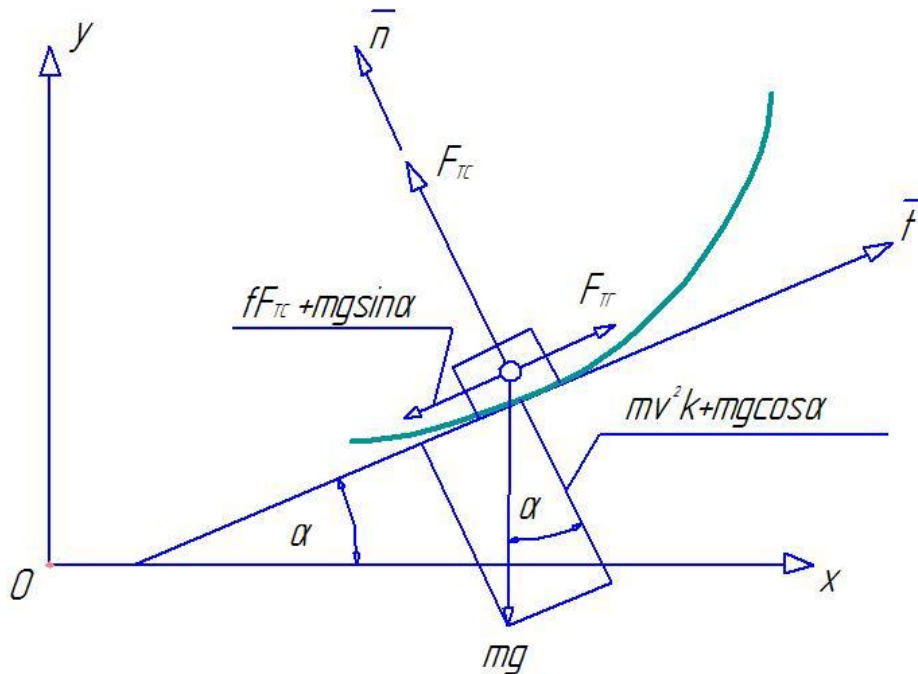


Рис. 2. Розкладання діючих сил на головну нормаль $\vec{n}$ і дотичну $\vec{t}$ кривої.

Перепишемо рівняння (1), розділивши ліву і праву частини на силу ваги mg і записавши кривину k через відоме співвідношення із диференціальної геометрії $k = \frac{d\alpha}{ds} = 1: \frac{ds}{d\alpha} = \frac{1}{s'}$, де s – довжина дуги кривої:

$$\cos \alpha + \frac{v^2}{s'g} = \frac{F_{\text{тс}}}{mg}. \quad (2)$$

Відношення $F_{\text{тс}}/mg$ є сталою величиною, воно показує, яку долю від загальної сили тиску частинки становить складова ваги частинки. Позначимо його через $a_{\text{тс}}$ і розв'яжемо рівняння (2) відносно s' :

$$\frac{ds}{d\alpha} = \frac{v^2}{g(a_{\text{тс}} - \cos \alpha)}, \quad \text{отже} \quad k = \frac{g}{v^2}(a_{\text{тс}} - \cos \alpha). \quad (3)$$

Інтегрування виразу (3) можливе для двох випадків: $a_{\text{тс}} > 1$ (тобто тиск на поверхню більший від ваги частинки) і $a_{\text{тс}} < 1$ (тиск менший

ваги частинки). Запишемо відповідні інтеграли (постійну інтегрування опускаємо):

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{\text{тс}} - \cos \alpha} = \frac{2v^2}{g\sqrt{a_{\text{тс}}^2 - 1}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a_{\text{тс}} + 1}{a_{\text{тс}} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (a_{\text{тс}} > 1)$$

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{\text{тс}} - \cos \alpha} = \frac{v^2}{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}} \ln \frac{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}. \quad (a_{\text{тс}} < 1) \quad (4)$$

Рівняння (4) $s=s(\alpha)$ задають закономірність зміни кута α вздовж дуги кривої, отже визначають криву своїми внутрішніми властивостями незалежно від її розташування в прямокутній системі координат. В диференціальній геометрії прийнятий інший запис кривих своїм внутрішнім рівнянням – залежністю кривини від довжини дуги $k=k(s)$. Таке рівняння називається натуральним рівнянням кривої. Його ми одержимо для обох випадків, якщо в правому рівнянні (3) і рівняннях (4) виключимо спільний параметр α :

$$k = \frac{g(a_{\text{тс}}^2 - 1)}{v^2 \left[a_{\text{тс}} + \cos \left(\frac{g}{v^2} \sqrt{a_{\text{тс}}^2 - 1} s \right) \right]}; \quad (a_{\text{тс}} > 1)$$

$$k = \frac{2g(1 - a_{\text{тс}}^2) e^{\frac{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s}}{v^2 \left(e^{\frac{2g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s} - 2a_{\text{тс}} e^{\frac{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s} + 1 \right)}. \quad (a_{\text{тс}} < 1) \quad (5)$$

Натуральні рівняння (5) задають криві незалежно від їх положення і орієнтації на площині. Це означає, що при повороті кривої на певний кут ε її натуральне рівняння не змінюється. Для нас така форма запису не є прийнятною, оскільки орієнтація кривої в площині буде залежати від векторів прикладених сил, тому перейдемо до координатної форми запису. Зв'язок натуральних рівнянь із прямокутними координатами описується відомими в диференціальній геометрії залежностями:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha; \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha. \quad (6)$$

Перепишемо залежності (6), перейшовши до незалежної змінної α :

$$\frac{dx}{d\alpha} \frac{d\alpha}{ds} = \cos \alpha, \text{ звідки } \frac{dx}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \cos \alpha.$$

Аналогічно,

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \sin \alpha. \quad (7)$$

Підставивши в (7) вираз $\frac{ds}{d\alpha}$ із (3), одержимо залежності для знаходження координат x і y кривої:

$$\begin{aligned} x &= \frac{v^2}{g} \int \frac{\cos \alpha d\alpha}{a_{tc} - \cos \alpha} = \frac{a_{tc} v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{tc} - \cos \alpha} - \frac{v^2}{g} \alpha; \\ y &= \frac{v^2}{g} \int \frac{\sin \alpha d\alpha}{a_{tc} - \cos \alpha} = \frac{v^2}{g} \ln(a_{tc} - \cos \alpha). \end{aligned} \quad (8)$$

Із (8) видно, що після інтегрування вираз $y=y(\alpha)$ має простий вигляд, а вигляд для координати $x=x(\alpha)$ зводиться до інтегралів (4), тому він розпадається на дві залежності для $a_{tc}>1$ і $a_{tc}<1$ [8]:

$$x = \frac{2a_{tc} v^2}{g \sqrt{a_{tc}^2 - 1}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a_{tc} + 1}{a_{tc} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{v^2}{g} \alpha; \quad (a > 1) \quad (9)$$

У виразах (8), (9) постійні інтегрування опущені, оскільки вони впливають тільки на паралельний перенос кривої вздовж осей Ox і Oy . На рис. 3 побудована крива за рівняннями $y=y(\alpha)$ із (8) і $x=x(\alpha)$ із (9).

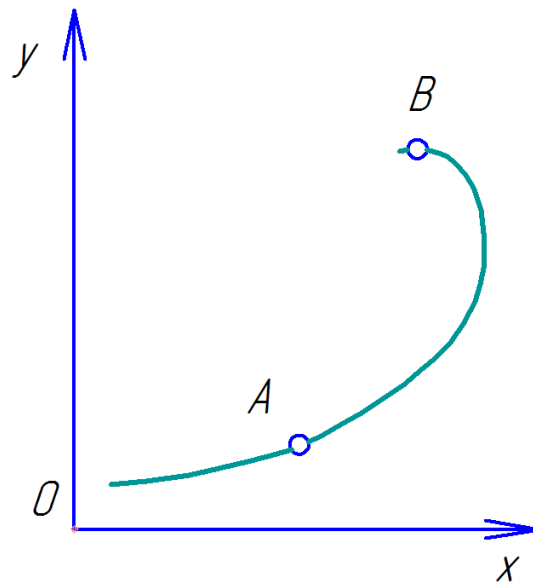


Рис. 3. Крива, що забезпечує сталий тиск при постійній швидкості руху частинки: $a_{tc}=1,2$; $v=0,2$ м/с.

Показана крива перерізу поверхні, тиск на яку при заданій швидкості $v=0,2$ м/с більший ваги частинки в 1,2 рази. Ділянку кривої $\widehat{AB}$ використали, як профіль скребка скреперної установки. Відповідно до цього профілю розробили креслення скребка (рис. 4). Для встановлення взаємозв'язку впливу кута розкриття скрепера γ (град.), кута нахилу скребків скрепера ε_0 (град.) та швидкості руху

скрепера $V_{ск}$ (м/с) на питому енергомiсткiсть удосконаленої скреперної установки E_n (кВт год./т) у виробничих умовах було проведено експерименти за планом Бокса-Бенкіна.

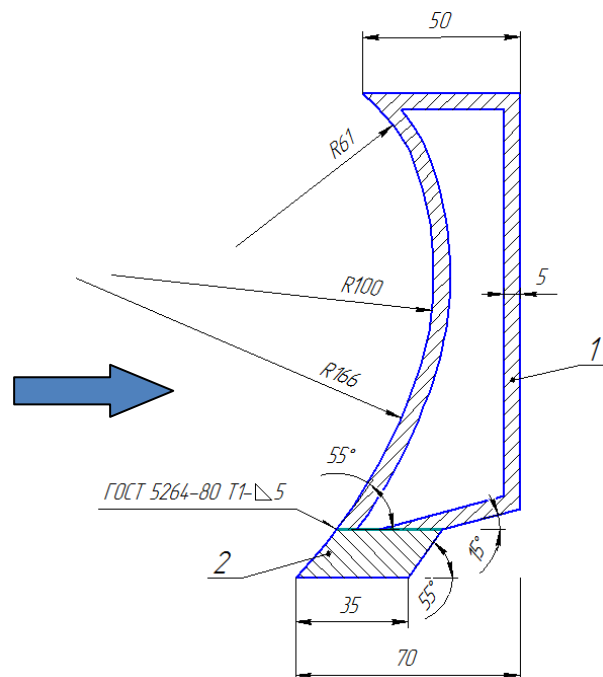


Рис. 4. Розроблений скребок скреперної установки.

Відповідно до креслення виготовили скребок в металі (рис. 5).



Рис. 5. Розроблений скребок скреперної установки в металі.

При цьому незмінними були розміри гнойового каналу та об'єм прибраного гною. Аналіз залежностей (рис. 6, рис. 7) показує, що зі збільшенням кута нахилу скребків скрепера γ від 30° до 90° питома

енергомiсткiсть E_n змiнюється за параболiчною функцiєю, яка має оптимум – мiнiмальне значення питомої енергомiсткостi в дiапазонi кута нахилу скребокiв скрепера вiд 55° до 75° i становить 0,82; 0,88 та 0,98 кВт год./т для вiдповiдних значень кута розкриття скрепера 70° ; 170° та 120° . Тому що при кутi нахилу скребокiв у 30° на поверхню передньої стiнки скребка буде нагромаджуватись велика кiлькiсть гною i притискати скребок до дна гнойового каналу з надлишковим зусиллям. А при кутi нахилу скребокiв вiд 60° до 70° пласт гною буде пiдрiзатись клиноподiбною формою скребка, i на поверхню скребка буде нагромаджуватись така кiлькiсть гною яка забезпечить оптимальне притискання скребка до дна гнойового каналу. При кутi нахилу скребокiв 90° на скребок гнiй не буде наповзати, i вiдсутнiсть клина на переднiй стiнцi скребка приведе до того що гнiй буде не пiдрiзатися, а вiдриватись вiд дна гнойового каналу, i на це пiде бiльша питома енергомiсткiсть.

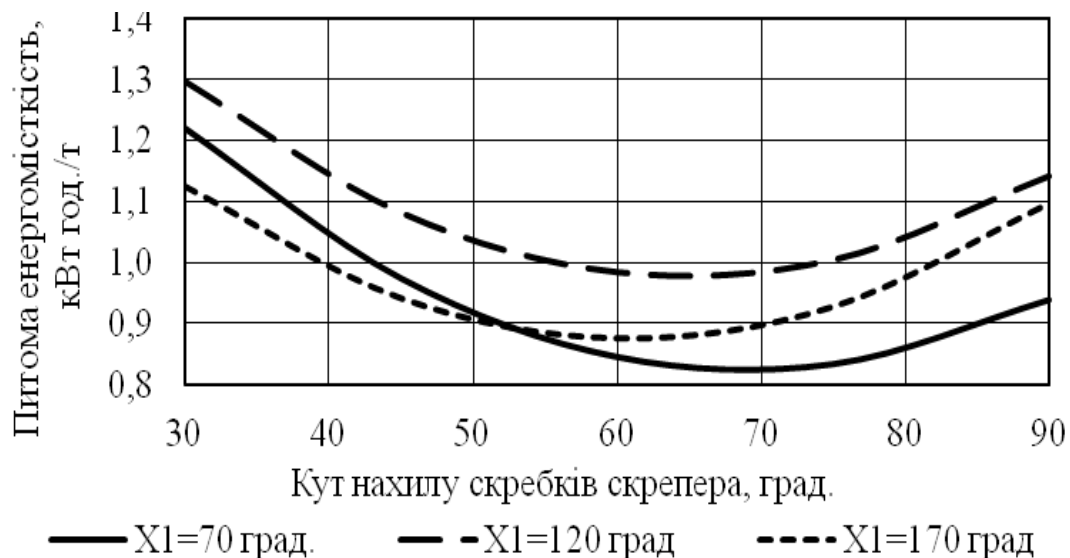


Рис. 6. Залежнiсть питомої енергомiсткостi удосконаленої скреперної установки вiд кута нахилу скребокiв скрепера.

За результатами багатофакторних експериментiв було отримано математичну модель – рiвняння регресiї у виглядi полiномiв другого порядку.

Рiвняння регресiї залежностi питомої енергомiсткостi E_n (кВт год./т) вiд змiни кута розкриття скрепера γ (град.), кута нахилу скребокiв скрепера ϵ_0 (град.), та швидкостi руху скрепера $V_{ск}$ (м/с) за результатами проведеного ПФЕ 3^3 в розкодованому виглядi рiвняння регресiї має вигляд:

$$E_n = 3,4860648 + 0,0106913\gamma - 0,0491265\epsilon - 23,9743253u_{ск} - 0,0000496\gamma^2 + 0,0002610\epsilon^2 + 64,6419709u_{ск}^2 + 0,0000424\gamma\epsilon - 0,0091172\gamma u_{ск} + 0,0921844\epsilon u_{ск}.$$

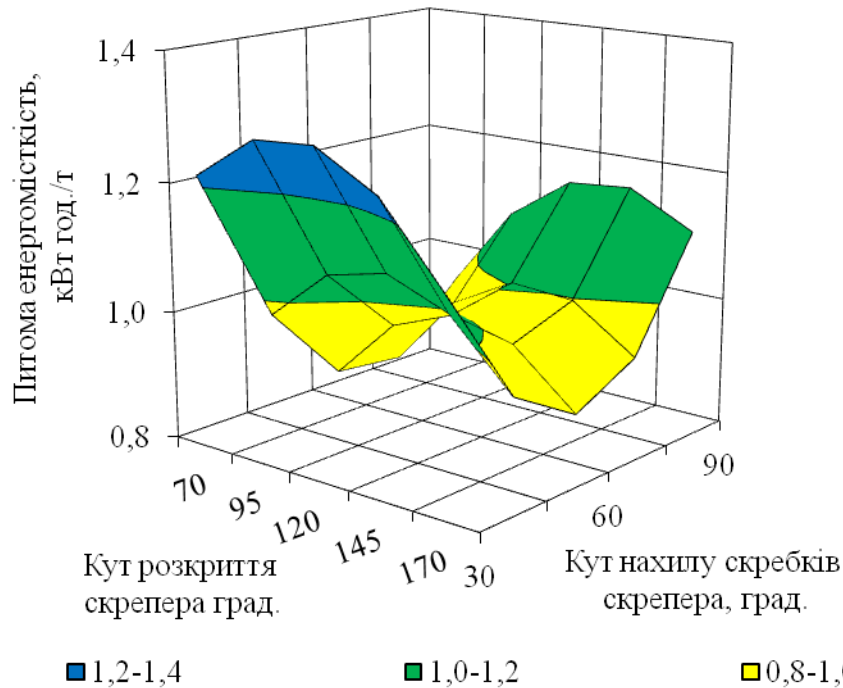


Рис. 7. Залежність питомої енергомісткості удосконаленої скреперної установки від кута розкриття та кута нахилу скребків скрепера.

Статистичне оцінювання отриманих результатів включало перевірку на однорідність дисперсій за критерієм Кохрена. Адекватність отриманої математичної моделі та її придатність для опису досліджуваного процесу перевіряли за критерієм Фішера. Визначення значущості коефіцієнтів регресії проводили за критерієм Стюдента. Гіпотеза про адекватність рівняння підтверджується і його можна використовувати для опису процесу.



Рис. 8. Скрепер оптимальних параметрів.

Провівши оптимізаційний розрахунок, на основі рівняння, було встановлено, що питомі витрати енергії з урахуванням якості прибирання гною приймають мінімальне значення при: куті розкриття скрепера $\gamma=119^\circ$; куті нахилу скребків скрепера $\varepsilon_0=55^\circ$ (рис. 8) та швидкості руху скрепера $u_{ск}=0,15$ м/с.

Висновок. Запропонована конструкція скрепера у якого робоча фронтальна поверхня скребків виконана у вигляді відвала зі змінним радіусом кривизни, яка зменшить опір на відділення пласта гною від дна гнойового каналу, також пласт гною буде нагромаджуватись на скребок і притискати його до дна гнойового каналу. В результаті цього буде досягнуто повне прибирання гною із каналів за один прохід скрепера по гнойовому каналу, що в свою чергу зменшить енерговитрати, і загальні витрати на очистку.

Список літератури

1. Ревенко І.І. Машины та обладнання для тваринництва : підручник / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К. : Кондор, 2009. – 731 с.
2. Установки скреперні для прибирання гною УСГ-3, УСГ-4, паспорт УФ.17.000 ИМ, ОАО «Ковельсельмаш», 2008. – 52 с.
3. Посібник для студентів спеціальності 7.090215 "Машины і обладнання сільськогосподарського виробництва" / К.І. Шмат, П.В. Сисолін, В.В. Карманов, Г.І. Іванов. – Херсон: Олді-Плюс, 2004. – 308 с.
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков [та ін.] ; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
5. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.
6. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика. – К.: УСХА, 1992. – 507 с.
7. Войтюк Д.Г. Побудова траєкторій руху частинок ґрунту по циліндричних поверхнях і знаходження кривої перерізу / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Техніка АПК. – К., 1999. – № 8. – С. 6–9.
8. Пилипака С.Ф. Розрахунок циліндричної поверхні скребка гноеприбиральної установки / С.Ф. Пилипака, Г.А. Голуб, М.І. Ікальчик // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 18–24.

В данной статье рассмотрены недостатки существующих скреперных установок для удаления навоза. Разработана математическая модель процесса взаимодействия скребков скрепера с навозом. Разработано скреперное устройство для уборки навоза с фронтальной рабочей поверхностью скребков в виде отвала, что позволит уменьшить энергозатраты при уборке навоза и улучшить качество уборки навозного канала.

Навоз, скрепер, отвал, качество, энергозатраты.

In paper the disadvantages of existing winches facilities for manure. The mathematical model of interaction scraper manure scrapers. Designed scraper device manure from front work surface scrapers in a blade that will reduce energy consumption in manure and improve the quality of cleaning manure channel.

Manure, scraper, blade, quality, and energy consumption.

УДК 361.312

ВИБІР ВЕЛИЧИН НАТЯГУ ЛАНЦЮГА ПОХИЛОГО ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

Р.Л. Швець, аспірант*

Г.А. Голуб, доктор технічних наук

Наведено результати експериментальних досліджень залежності споживаної потужності при роботі похилого транспортера на холостому ході від кута нахилу, швидкості руху та натягу ланцюга.

Транспортер, ланцюг, натяг, споживана потужність, гній.

Постановка проблеми. Своєчасне прибирання тваринницьких приміщень та видалення гною, його ефективне використання – одна з важливих проблем сільськогосподарського виробництва. Для видалення підстилкового гною з тваринницьких приміщень здебільшого використовують похилий транспортер, експлуатація якого повинна відбуватися з мінімальними питомими витратами енергії на транспортування [1, 3, 5]. Однак дані по вибору величини натягу ланцюга похилого транспортера та її впливу на споживану потужність похилого транспортера відсутні [4], що не дозволяє вибрати раціональні параметри його роботи.

Мета досліджень. Визначити залежність споживаної потужності похилого транспортера на холостому ході від величини натягу ланцюга.

Результати досліджень. Дослідження процесу роботи похилого транспортера на холостому ході проводилися в лабораторних умовах з використанням частотного перетворювача, кіловатметра, динамометра та персонального комп'ютера (рис. 1) [2]. Натяг ланцюга скребкового транспортера визначався динамометром за рівнем прогину ланцюга при прикладеному зусиллі 0,5 кН.

***Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб**

© Р.Л. Швець, Г.А. Голуб, 2015