


ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

КОНДРАТЮК ДМИТРО ГНАТОВИЧ

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБГРУНТУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ ГРАБЛІВ-СІНОВОРУШИЛОК
З ВІДЦЕНТРОВАНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Спеціальність 05.20.01 -
Механізація сільськогосподарського виробництва



А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1995



Дисертація рукопис

Робота виконана в Інституті кормів УАН.

- Науковий керівник - академік УААН, доктор сільськогосподарських наук, професор БАБИЧ А.О.
- Науковий консультант - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник ГАРЬКАВИЙ А.Д.
- Офіційні опоненти: - академік УААН, доктор технічних наук, професор ПОГОРІЛИЙ Л.В.
- кандидат технічних наук, доцент ПАВЛЕНКО С.І.
- Провідна установа - Інститут механізації та електрифікації сільського господарства УААН

Захист дисертації відбудеться "30" 11 1995 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої Ради КОЗ.03.01 в Дніпропетровському державному аграрному університеті за адресою: 320027, м.Дніпропетровськ, вул. Ворошилова, 25, аудиторія 228.

Просимо взяти участь в засіданні Ради або вислати відзив на автореферат, у двох примірниках, завірений печатком установи за вищевказаною адресою.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "25" _____

ЛННБ України ім. В. Стефаніка
1995 р. _____ а

Вчений секретар спеціалізованої
Ради, кандидат технічних наук,
доцент

А.С.КОВЕЦЬ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми досліджень. Невід'ємними операціями будь-яких технологій заготівлі сіна та сінажу є ворухіння, перевертання та згрібання трави. Однак дія робочих органів граблів-ворушилок на прив'ялену траву неминуче призводить до оббивання і втрачання найбільш цінних в кормовому відношенні частин рослин - листків та суцвіть. Особливо це проявляється у бобових травах, зокрема конюшини лучної, коли вологість її рослин є меншою 60%. При виконанні зазначених операцій існуючими граблями-ворушилками ці втрати можуть досягти 20% маси вихідної сухої речовини трави. Це не тільки зменшує збір сіна, але й суттєво впливає на його цінність, тому що втрачені частини рослин за вмістом поживних речовин в 2...3 рази перевищують стебла. В зв'язку з цим удосконалення робочого процесу граблів-ворушилок, спрямоване на зменшення механічних втрат, є актуальним завданням. Перспективним в цьому відношенні є спосіб ворухіння та згрібання скошених трав з виділенням, під час виконання цих операцій, за допомогою потоку повітря оббитих частин рослин.

Об'єкт досліджень. Інтенсифікація процесу сушіння скошеної конюшини лучної при заготівлі сіна та сінажу шляхом її ворухіння, згрібання та перевертання з виділенням, під час виконання цих операцій, оббитих вегетативних частин рослин та технічні засоби для його виконання.

Мета роботи. Збільшення збору поживних речовин при заготівлі сіна та сінажу із конюшини лучної за рахунок зменшення механічних втрат при виконанні операцій ворухіння, згрібання та перевертання.

Методи досліджень і устаткування. В теоретичних досліджен-

нях операцій інтенсифікації сушіння скошеної конюшини лучної, виділення оббитих частин рослин та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ворушилки-сепаратора використовувались методи класичної механіки та аеродинаміки. Експериментальні дослідження виконувались в лабораторних та польових умовах, при цьому використовувались експериментальні установки, а також прилади та обладнання, як стандартні, так і розроблені автором. В основу проведення досліджень покладені методи планування багатofакторних експериментів. Результати досліджень оброблялись методом дисперсійного та регресивного аналізів.

Теоретичні результати та новизна. Розроблено теоретичні основи повітряної сепарації трав'яного вороху, утвореного в результаті дії на прив'ялену траву робочих органів граблів-ворушилок. Одержані аналітичні залежності для визначення конструктивних та технологічних параметрів граблів-ворушилок з відцентровими робочими органами. Розроблено методику оцінки якості виконання технологічних операцій сінозбиральними машинами за оббиванням вегетативних частин рослин.

Практичні результати та новизна. Обґрунтована механіко-технологічна схема процесу ворущіння, згрібання та перевертання скошених трав з виділенням оббитих вегетативних частин рослин. Розроблено ворушилку-сепаратор для реалізації цього процесу. Оптимізовано параметри та режими роботи грабель-ворушилок з відцентровими робочими органами, та пристрій для виділення оббитих частин рослин при ворущінні та згрібанні прив'яленої конюшини лучної. Запропоновано ряд технічних рішень по вдосконаленню процесу роботи ротаційних граблів-ворушилок. Новизна щодо запропонованих рішень захищена: патентом України № I743; авт.св. СРСР № I209086, № I45I890, № I547768, № I576020,

№ I564747, № I782429 та рішенням ВНДІДПЕ про видачу патенту по заявці № 4889874/26.

На захист виносяться: Спосіб ворущіння та згрібання скоше-них трав з виділенням оббитих, в процесі виконання цих опера-цій, вегетативних частин рослин; теоретично-експериментальне обґрунтування технологічного процесу, параметрів та режимів ро-боти ворущилки-сепаратора; методика оцінки якості виконання сі-нозбиральними машинами технологічних операцій за оббиванням ве-гетативних частин рослин; результати перевірки процесу в польо-вих умовах.

Апробація роботи. Основні положення та результати роботи доповідались на науково-технічних конференціях: у Житомирі /1989 та 1990 рр./, Кам"янець-Подільському /1990 р./, Вінниці та Києві /1994 р./. Матеріали дисертації опубліковані в 16 пра-цях, в тому числі отримано 6 авторських свідоцтв СРСР, один па-тент України та позитивне рішення про видачу охоронного доку-менту на винахід.

Рівень реалізації та впровадження наукової розробки. Ре-зультати досліджень по вдосконаленню робочих органів та процесу роботи ротаційних граблів-ворушилок були передані та викорис-тані заводами "Сольбілецькорммаш" та Вінницьким авіаційним. Еко-номічний ефект від впровадження результатів досліджень складає більше 8 млн крб. в цінах 1990 р. Копії актів впровадження пред-ставлені в додатку до дисертаційної роботи.

Сфера застосування. Результати досліджень можуть бути ви-користані для удосконалення існуючих та розробки нових кон-струкцій граблів-ворушилок.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків та пропозицій, спис-

ку використаної літератури, який включає 121 найменування. Загальний обсяг дисертації з додатками складає 190 сторінок. Основна частина - 152 сторінки машинописного тексту, 46 рисунків, 14 таблиць.

Особистий внесок дисертанта. В розробці результатів досліджень, які виносяться на захист, особистий внесок автора складає 80%.

ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі "Стан питання та задачі досліджень" зроблено аналіз технологій заготівлі сіна і сінажу та технічних засобів для прискорення сушіння скошених трав в польових умовах. Вказано, що найпоширенішим і ефективним способом прискорення сушіння скошених трав є їх періодичне ворухіння, перевертання та згрібання. Однак виконання цих операцій при заготівлі сіна із бобових трав, зокрема конюшини лучної, супроводжується оббиванням і втратами найбільш цінних частин рослин: листків, суцвіть та інших дрібних вегетативних органів. Ці втрати можуть скласти до 20% маси вихідної сухої речовини трави.

Виконано аналогічний огляд конструкцій машин для здійснення зазначених операцій та розроблена їх класифікація, в основу якої покладені головні ознаки, за якими відрізняються машини. Із огляду конструкцій машин та аналізу їх техніко-економічних показників зроблено висновок, що найбільш доцільно для інтенсифікації сушіння використовувати ротаційні граблі-ворушилки з відцентровими робочими органами.

В результаті аналізу науково-дослідних та конструкторських робіт, схем пневмосепаруючих систем сільськогосподарських машин встановлено, що зменшити втрати від оббивання, при виконанні вказаних операцій можна шляхом пневмосепарації трав'яного вороху, утвореного робочими органами граблів-ворушилок.

Аналіз результатів досліджень процесу ворухіння і згрібання скошених трав авторів Андрусенка Б.І., Васильєва Г.К., Долгова І.А., Особова В.І., Попова І.Ф., Садирова А.Н., Ешкулова А., Нікітіна Г.Я. та результатів досліджень процесу пневмосепарації різнорідних мас авторів Горячкіна В.П., Ветрова Є.Ф., Гладкова М.Т., Нелюбова А.І., Nagel R. та інших показав, що як досліджень процесу ворухіння та згрібання скошених трав граблями-ворушилками з відцентровими робочими органами, так і досліджень процесу повітряної сепарації трав'яного вороху, який утворюється під час виконання операцій, до цього часу не проводилося.

Існуюча стандартна методика /ОСТ 10.23.5-86/ оцінки якості роботи граблів-ворушилок за втратами від оббивання вегетативних частин рослин є недосконалою, а тому потребує доопрацювання.

Результати проведеного аналізу і поставлена в роботі мета зумовили наступні задачі досліджень:

- виконати теоретичні дослідження процесів обробітку скошених трав відцентровими робочими органами ротаційних граблів-ворушилок та виділення оббитих при цьому вегетативних частин рослин. Обґрунтувати оптимальні параметри робочих органів;
- розробити методику оцінки якості виконання граблями-ворушилками технологічних операцій за оббиванням вегетативних частин рослин;

- розробити методику, виготовити лабораторні установки та провести лабораторні дослідження по визначенню оптимальних режимів обробітку скошених трав відцентровими робочими органами і виділенню із утвореного вороху оббитих вегетативних частин рослин;

- розробити конструктивну схему, виготовити експериментальний зразок ворушилки-сепаратора для реалізації запропонованого способу ворущіння і провести його лабораторно-польові випробування;

- визначити енергетичну та економічну ефективність запропонованого способу ворущіння. Розробити методику розрахунків основних параметрів ворушилки-сепаратора.

В другому розділі "Теоретичні дослідження процесів згрібання, ворущіння трав відцентровими робочими органами та виділення з утвореного вороху оббитих вегетативних частин рослин" викладені результати досліджень по обґрунтуванню параметрів відцентрових робочих органів ротаційних граблів-ворушилок, встановленню основних закономірностей повітряної сепарації трав'яного вороху, приведені залежності для вибору вентилятора сепарувачої системи ворушилки-сепаратора.

Для інтенсифікації сушіння трав запропоновано використовувати робочі органи схема яких показана на рис.1. При обертанні ротора кожна граблина під дією відцентрової сили повертається із неробочого стану /показаний пунктирною лінією/ в робочий і її пальці в найнижчій точці траєкторії, відносно поверхні поля, /рис.2/ утворюють з останньою кут φ . Звідси:

$$b = d / \sin \varphi, \quad /I/$$

де b і d - ширина захвату граблини та розхил її пальців.

Зменшення кута φ спричиняє збільшення ширини захвату. Од-

нак, для якісного згрібання необхідно, щоб:

$$b = d / \sin \varphi < l_{min}, \quad /2/$$

де l_{min} - мінімальна довжина рослин, для згрібання яких призначена машина. Інакше рослини будуть провалюватись крізь пальці, що спричинить збільшення втрат від незгрібання, тоді:

$$\varphi_r = \arcsin(d / l_{min}), \quad /3/$$

де φ_r - мінімальний кут нахилу пальців.

Для забезпечення цієї вимоги необхідно, щоб $\varphi \geq \varphi_r$.

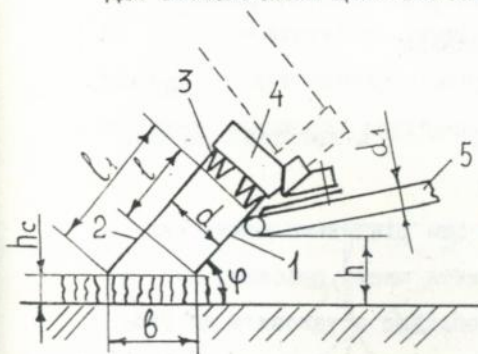


Рис.1. Схема робочих органів:

1 і 2 - внутрішній і зовнішній пальці граблини; 3 - граблина; 4 - поворотня обойма; 5 - обід ротора. Необхідну довжину пальців граблини можна визначити із наступних залежностей:

$$l \geq h l_{min} / d, \quad /4/$$

$$l_1 = l_{min} (h/d + \sqrt{1 - (d/l_{min})^2}), \quad /5/$$

де l і l_1 - довжина внутрішнього і зовнішнього пальців; h - висота установки обода ротора, при якій він не контактує з нерівностями поверхні поля.

При згрібанні трави пальці граблин зміщують на деякий кут δ відносно їх радіального положення. Через це радіус ротора є величиною змінною. Визначити його можна за формулою

$$R = \sqrt{l_1^2 \cos^2(\varphi - \varphi) + R_0^2 + 2R_0 l_1 \cos(\varphi - \varphi) \cos \delta}. \quad /6/$$

Ширина захвату ротора B залежить від значення кутів φ і δ . Причому збільшення цих кутів спричиняє зменшення ширини і навпаки. Запропонована наступна залежність для визначення

цього параметра.

$$B = 2 \sqrt{\frac{2h_1}{\sin \varphi} \sqrt{4 \cos^2(\varphi - \psi) + R_0^2 + 2R_0 l_1 \cos(\varphi - \psi) \cos \delta} - \left(\frac{h_1}{\sin \varphi}\right)^2}, \quad 17/$$

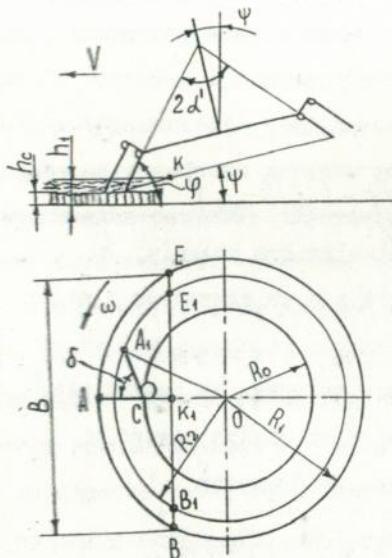
де h_1 - висота прокошу.

В результаті аналізу кривих, які описують кінці пальців граблин одержано рівняння яке встановлює зв'язок між основними конструктивними та кінематичними параметрами ротора граблів-ворушлок з відцентровими робочими органами:

$$2\pi z / z = d / (R \sin \varphi), \quad 18/$$

де $\lambda = v / (\omega R)$ - кінематичний параметр; Z - кількість граблин;

V - швидкість агрегування машини.



За цим рівнянням можна визначити число граблин, які необхідно встановити на ободі ротора, коли задано λ і $d / (R \sin \varphi)$.

Рис.2. Схема для визначення радіуса та ширини захвату ротора.

Повітряна сепарація во-роху здійснюється за рахунок того, що в результаті силової взаємодії між потоком повітря та тілами, які в ньому знаходяться, останні руха-

ються по різних траєкторіях. При вивченні сутності явищ, які при цьому відбуваються були прийняті наступні допущення:

$\mu = V_e/V_{0K}$ - швидкісний параметр.

Рівняння абсолютного руху частинки є наступним:

$$d^2x/dt^2 = -V_r K (dx/dt + V_e \cos \beta),$$

$$d^2y/dt^2 = V_r K (V_e \sin \beta - dy/dt).$$

Рішаючи ці рівняння одержимо:

$$V_x = (V_{cx} \cos \gamma - V_{r0} V_e t K \cos \beta) / (V_{r0} t K + 1), \quad /I2/$$

$$V_y = (V_{cy} \sin \gamma - V_{r0} V_e t K \sin \beta) / (V_{r0} t K + 1), \quad /I3/$$

$$x = \frac{V_e \cos \beta + V_{cx} \cos \gamma}{V_{r0} K} \ln (V_{r0} K t + 1) - V_e t \cos \beta. \quad /I4/$$

$$y = \frac{V_{cy} \sin \gamma - V_e \sin \beta}{V_{r0} K} \ln (V_{r0} K t + 1) + V_e t \sin \beta, \quad /I5/$$

де V_x , V_y , x і y - проєкції на вісі координат абсолютної швидкості та переміщення частинки.

Виключивши із рівнянь /I4/ та /I5/ час, одержимо рівняння траєкторії руху частинки

$$y = \frac{x(\sin \gamma - \mu \sin \beta)}{\cos \gamma + \mu \cos \beta} + \frac{\mu \sin(\beta + \gamma)}{K \sqrt{1 + \mu^2 + 2\mu \cos(\beta + \gamma)} (\cos \gamma + \mu \cos \beta)} x$$

$$x \left\{ \exp \left[\frac{K \sqrt{1 + \mu^2 + 2\mu \cos(\beta + \gamma)} (x \sin \beta + y \cos \beta)}{\sin(\beta + \gamma)} \right] - 1 \right\}. \quad /I6/$$

Одержано рівняння для визначення необхідної довжини камери виділення L :

$$L = \frac{(\mu \cos \beta + \cos \gamma) \ln \left(\frac{\cos \gamma}{\mu \cos \beta} + 1 \right) - \cos \gamma}{K_{min} \sqrt{1 + \mu^2 + 2\mu \cos(\beta + \gamma)}}, \quad /I7/$$

де K_{min} - найменший коефіцієнт парусності виділяємих частин рослин.

Для вибору вентилятора для сепарації необхідно знати його продуктивність та повний тиск, який він повинен створювати.

Продуктивність вентилятора можна визначити за формулою:

$$Q = LcV_e \nu, \quad /18/$$

де Q - продуктивність вентилятора; c - ширина камери виділення; $\nu = I, I...I, 2$ - коефіцієнт негерметичності системи.

Необхідний тиск, який повинен створювати вентилятор можна визначити за формулою:

$$H = H_g + H_n + H_n + H_{\text{в.ол.}},$$

де H - повний тиск вентилятора; H_g , H_n , H_n і $H_{\text{в.ол.}}$ - відповідно втрати тиску в всмоктувчій і нагнітавчій мережах, на піднімання виділеного продукту і додатковий опір, який чинить ворох продуванню його потоком повітря.

Складові H_g , H_n і H_n можна визначити за відомими формулами наведеними в працях Вайсмана М.Р. та Гладкова М.Г. При цьому для визначення коефіцієнта концентрації аеросуміші μ_0 запропонована наступна формула:

$$\mu_0 = \frac{M'EC'_0(100-W)}{100\rho R(100-W_n)} \left(1 + \frac{E'}{100}\right), \quad /19/$$

де M' - подача вороху, кг/с; C'_0 - частка сухої речовини оббитих частин в воросі; E - коефіцієнт виділення оббитих частин, %; E' - коефіцієнт засміченості виділяемого продукту стеблами, %; ρ - густина повітря; W і W_n - відповідно, вологість вороху та виділеного продукту, %.

В третьому розділі "Методика оцінки якості роботи граблів-ворушилок за оббиванням вегетативних частин рослин" викладено обґрунтування та зміст запропонованої методики.

На відміну від стандартної методики /ОСТ ІО.23.5-86/ в запропонованій передбачається якість обробітку скожених трав оцінювати не за втратами вегетативних частин рослин, а за кількістю частин рослин, які оббиваються під час ворущіння, згрібання та

перевертання трави. Пов'язане це з тим, що саме оббивання вегетативних частин і спричиняє їх втрати. За критерій оцінки вибрано коефіцієнт оббивання, який дорівнює відношенню маси сухої речовини оббитих частин до маси сухої речовини трави перед її обробітком. Визначається цей показник за зміною облистяності рослин до і після дії на них робочих органів. Під облистяністю розуміється відношення маси сухої речовини листків з черешками і суцвіть до маси сухої речовини трави. В результаті теоретичного обґрунтування одержана наступна залежність для визначення коефіцієнта оббивання:

$$C_o = (G_1 - G_2) / (1 - G_2) , \quad /20/$$

де C_o - коефіцієнт оббивання; G_1 та G_2 - відповідно, облистяність трави перед та після дії робочих органів, в частках одиниці.

Запропонована методика може бути використана і для оцінки якості роботи інших сінозбиральних машин.

В четвертому розділі "Результати експериментальних досліджень" наведена програма експериментальних досліджень, описані лабораторні установчі, викладені методики проведення експериментів, проаналізовані результати лабораторних та лабораторно-польових досліджень.

Програмою експериментальних досліджень передбачалося: визначити основні властивості скошених рослин конюшини лучної та їх складових частин; вибрати фактори та вивчити вплив їх на оббивання вегетативних частин рослин конюшини лучної в процесі ворущіння та згрібання, обґрунтувати режими роботи відцентрових граблів-ворушилок; дослідити процес виділення з трав'яного вороху оббитих частин рослин та обґрунтувати його параметри; визначити додатковий гідравлічний опір, який чинить ворох

продуванню його потоком повітря; розробити експериментальний зразок ворухилки-сепаратора та провести його лабораторно-польові випробування.

В процесі вивчення властивостей скошеної конюшини лучної встановлено, що починаючи від скошування і до досягнення кондиційної вологості сіна її листки є сухішими за стебла. Пік різниці між вологостями стебел і листків, який може скласти 15...40% залежить від способу сушіння /в тіні або на сонці/, фази розвитку рослин і спостерігається при загальній вологості рослин 50...55%. Внаслідок цього листки раніше втрачають еластичність і стають крихкими. Це й призводить до їх оббивання та втрачання. Зроблено висновок, що з метою зменшення нерівномірності сушіння і втрат від оббивання доцільно конюшину скошувати в ранніх фазах вегетації.

Встановлено, що швидкість витання листків конюшини лучної знаходиться в межах $1,3 \leq U_g \leq 3$ м/с. Менше значення швидкості витання мають листки, які втратили черешки, а більше - листки, які оббиваються спільно з черешками. Швидкість витання суцвіть /фаза розвитку рослин - цвітіння/ в межах зміни вологості їх від 17 до 46% становить 3,5...5,2 м/с. Уламки вершків стебел конюшини довжиною 60 мм в межах зміни вологості від 20 до 50% мають швидкість витання $5,8 \leq U_g \leq 6,5$ м/с.

Дослідження по обґрунтуванню режимів роботи граблів-ворухилок з відцентровими робочими органами, при ворухилні та згрібанні конюшини лучної, здійснювались шляхом моделювання цих процесів на спеціально виготовленій лабораторній установці. При цьому вивчався вплив на оббивання вегетативних органів рослин наступних факторів: вологості трави $X_1(W, \%)$; швидкості робочих органів $X_2(wR, \text{м/с})$; поступальної швидкості машини

X_3 (V, м/с); подачі трави X_4 (M' , кг/с). За вихідну зміну було вибрано виражений у відсотках коефіцієнт оббивання вегетативних частин рослин.

В результаті реалізації плану експериментів, розрахунків коефіцієнтів регресії і статистичного аналізу рівняння регресії була одержана наступна адекватна модель досліджуваного процесу:

$$C_0 = 7,71 - 3,44 \cdot X_1 + 3,73 \cdot X_2 + 0,41 \cdot X_3 - 1,78 \cdot X_4 - 1,96 \cdot X_1 X_3 + \\ + 0,51 \cdot X_1 X_4 - 1,21 \cdot X_2 X_3 - 0,76 \cdot X_2 X_4 + 3,59 \cdot X_1^2 - 2,01 \cdot X_2^2 + \quad /21/ \\ + 0,44 \cdot X_3^2 + 1,59 \cdot X_4^2,$$

де $X_1 = (W - 40) / 20$; $X_2 = (\omega R - 13) / 7$; $X_3 = (V - 2,5) / 1,5$;
 $X_4 = (M' - 9) / 7$.

Оптимізацію одержаної моделі здійснювали методом перебору варіантів з послідовною побудовою в оптимальних зонах двомірних перерізів поверхні відгуку. Встановлені оптимальні режими роботи граблів-ворушилок наведені в таблиці.

Оптимальне значення подачі знаходиться в межах 3,5... 5,2 кг/с на метр ширини захвату. Через значне оббивання вегетативних органів рослин необхідно уникати від виконання цих операцій при вологості меншій 30%.

Дослідження по сепарації вороху конюшини лучної здійснювалось на установці, схема якої показана на рис. 4. Для оптимізації процесу було вибрано дві оцінки якості сепарації, одна з яких характеризувала кількісну /коефіцієнт виділення оббитих частин E/, а друга - якісну /коефіцієнт засмічення виділених частин рослин стеблами/ сторони процесу. Коефіцієнт E визначався як відношення маси виділених частин до їх вмісту в воросі, а коефіцієнт E^I - як відношення маси сухої речовини стебел рос-

лин, які уловлюються потоком повітря до маси сухої речовини виділеного продукту /листки, суцвіття, стебла/.

Таблиця. Режим роботи відцентрових граблів-ворушилок при ворушінні та згрібанні конюшини

Режими роботи	Вологість трави, %			
	60	50	40	30
1. Колова швидкість робочих органів, м/с	≤ 7,4	≤ 7,4	≤ 6	≤ 6
2. Поступальна швидкість машини, м/с	≤ 4	1,3...4	≤ 2,3	≤ 1,1
3. Кінематичний параметр	≤ 0,5	0,2...0,5	≤ 0,4	≤ 0,2

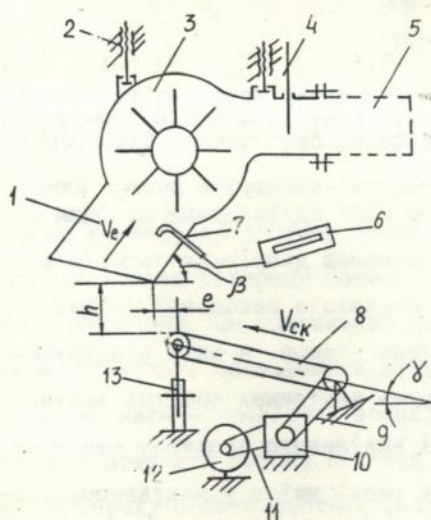


Рис.4. Схема установки для вивчення процесу сепарації трав'яного волоху: I - камера виділення; 2 - гвинтовий механізм; 3 - вентилятор; 4 - заслінка; 5 - фільтр; 6 - тягонапомір; 7 - пневмометрична трубка; 8 - транспортер; 9, II - ланцюгові передачі; 10 - редуктор; 12 - вигун; 13 - механізм підйому транспортера.

Дослідження проводились при довжині камери виділення $L = 0,8$ м і куті нахилу потоку повітря до горизонту $\beta = 0,87$ рад. Пов'язане це з тим, що при виготовленні ворушилки-сепаратора не вдалося досягнути меншого значення цього кута, а експериментально було встановлено, що збільшення камери виділення по-

над зазначену довжину не спричиняє суттєвого збільшення коефіцієнта виділення.

При дослідженні цього процесу застосовувалась система методів планування експериментів: метод випадкового балансу; повний факторний експеримент першого порядку; круте сходження; метод центрального, композиційного ортогонального планування. В результаті одержані наступні рівняння регресії, які адекватно описують процес сепарації вороху:

$$E = 55,5 + 2,94 \cdot X_1 - 1,28 \cdot X_5 - 3,58 \cdot X_7 - 5,40 \cdot X_8 + 1,19 \cdot X_7 X_8 - 5,49 \cdot X_1^2 - 5,32 \cdot X_5^2 - 4,74 \cdot X_7^2 - 4,89 \cdot X_8^2, \quad /22/$$

$$E^I = 6,43 + 2,29 \cdot X_1 - 2,23 \cdot X_5 - 2,16 \cdot X_8 + 1,28 \cdot X_1^2 + 1,91 \cdot X_5^2 + 1,96 \cdot X_7^2 + 2,11 \cdot X_8^2, \quad /23/$$

$$\text{Нд.о.} = 1,2 + 2,78 \cdot X_1 + 2,43 \cdot X_5 + 6,43 \cdot X_7 - 6 \cdot X_8 - 1,33 \cdot X_1 X_8, \quad /24/$$

$$M - X_1 = \sqrt{e} - 14; \quad X_5 = (\sqrt{e} - 7) / 1,5; \quad X_7 = (M' - 8) / 2; \quad X_8 = (\sqrt{h} - 0,275) / 0,05.$$

Оптимізацію рівнянь /22/ та /23/ здійснювали методом перебору варіантів з послідовною побудовою двомірних перерізів поверхонь відгуку. Один із таких перерізів показаний на рис. 5. При цьому вирішувалась компромісна задача, в якій відшукувались значення факторів, що забезпечують виділення оббитих частин на рівні 55...58% при засміченні виділеного продукту стеблами $E^I \leq 11\%$. Тимучо саме при цій умові вміст у виділеному продукті клітковини /фаза розвитку конюшини цвітіння/ не перевищує норми вмісту її в трапляному борошні першого класу. Встановлені наступні оптимальні параметри процесу: швидкість потоку повітря має знаходитись в межах 14...14,5 м/с; подача вороху - 6,8...8,5 кг/с; швидкість вкидання вороху в потік по-

вітря - 6,5...7,8 м/с ; висота встановлення камери виділення над потоком вороху - 0,24...0,26 м.

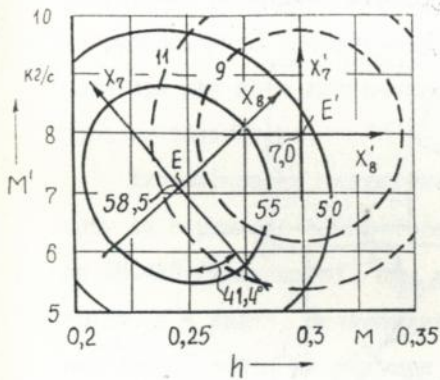


Рис.5. Перерізи поверхонь від-
 гуку процесу сепарації в коорди-
 натах $M'-h$ при $X_I = 0,47$ ($V_e =$
 $14,5$ м/с); $X_{r7} = 0$ ($V_{ca} = 7$ м/с).

В результаті аналізу рів-
 няння регресії /24/ встановлено,
 що в оптимальній зоні сепарації
 ворох чинить опір продуванню Йо-
 го потоком повітря рівний 160...
 170 Па.

Для перевірки досліджуваного способу ворущіння та згрібання
 трав в польових умовах було розроблено і виготовлено експери-
 ментальний зразок ворущилки-сепаратора /рис.6/. При рухові аг-
 регату по прокошу або вздовж валка робочі органи 10 захвачують
 траву, яка лежить попереду ротора 9 і переміщують її в напрям-
 ку його обертання. Це призводить до оббивання з стебел рослин
 листків, суцвіть і обломування верхівок стебел. Утворюється
 неоднорідна маса - трав'яний ворох, який викидається робочими
 органами в зону дії потоку повітря. В результаті останній ви-
 діляє із вороху оббиті частини рослин, які накопичуються в
 бункері 6.

Польові випробування ворущилки-сепаратора проводили на
 згрібанні та ворущінні конюшини лучної. Встановлено, що в про-
 цесі виконання цих операцій 70...75% оббитих вегетативних час-
 тин рослин залишаються в сформованому валку або прокосі і їх
 можливо виділити, а решта безповоротно втрачається внаслідок
 розсіювання по полі. Рівняння регресії /22/ можна використа-

М. В. Стефанік
 АН України

ти для оцінки якості виконання граблями-ворушилками з відцентровими робочими органами зазначених операцій при умові збільшення в 1,2...1,3 рази коефіцієнта оббивання вирахованого за цим рівнянням.

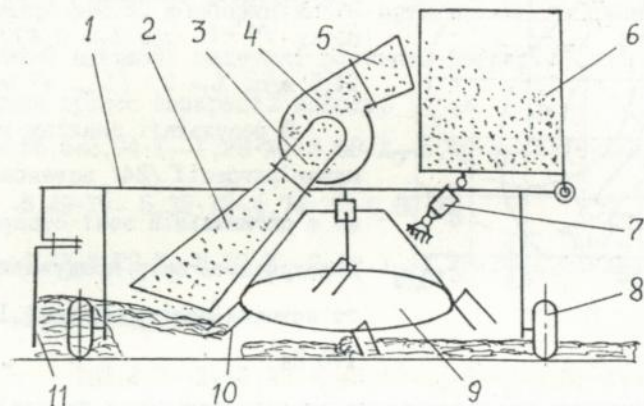


Рис. 6. Конструктивно-технологічна схема ворушилки-сепаратора: 1 - рама; 2 - камера виділення; 3 - коліно; 4 - вентилятор; 5 - дифузор; 6 - бункер-накопичувач; 7 - гідроциліндр; 8 - ланцюгові колеса; 9 - ротор; 10 - граблі; 11 - валкоутворювач.

Максимальна ширина захвату машини через зв'язаність трави в процесі перевищує розрахункову /залежність 7/ на 0,18...0,24 м. Розроблена машина якісно виконує технологічні процеси. Так, втрати трави від недозгрібання складають 0,33...0,46%. Порівняно з неворошеною травою досягається прискорення сушіння її в 1,8...2 рази. Працюючи в режимі пневмосепарації вороху ворушилка-сепаратор забезпечує при згрібанні конюшини лучної виділення 4...62% оббитих частин рослин. Це забезпечує зменшення механічних втрат на 32...47%. Виділений продукт /листки, суцвіття, стебла рослин/ за кормовою цінністю не поступається трав'яному борошну першого класу, а його забрудненість мінеральними домішками складає 0,18...0,26 м.

В п'ятому розділі "Ефективність результатів досліджень та методика розрахунків параметрів ворушилки-сепаратора" приведені результати розрахунків економічної та енергетичної ефективності запропонованого способу ворушіння та згрібання і ворушилки-сепаратора для його виконання, викладена методика розрахунків ворушилки-сепаратора.

Економічна та енергетична ефективність запропонованого способу та ворушилки-сепаратора визначалась в порівнянні з граблями КН-420 /Фінляндія/, при умові згрібання конюшини лучної із прокосів в валки. Встановлено, що за рахунок зменшення механічних втрат, тобто за рахунок одержання додаткової продукції /оббиті частини рослин, які при традиційному виконанні операції втрачаються/ економічний ефект складає 23,38 крб/га -/в цінах 1988 р./ . Річний економічний ефект від експлуатації ворушилки-сепаратора становить 4641 крб. на одну машину. Встановлено також, що за рахунок зменшення механічних втрат під час згрібання конюшини кожна додатково затрачена на виконання цієї операції одиниця енергії дозволяє зберегти 8,4 одиниць валової енергії трави.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Якість сіна та сінажу із конюшини лучної в значній мірі залежить від величини механічних втрат, які спостерігаються під час її ворушіння, згрібання та перевертання. Зменшення втрат досягається пневмосепарацією трав'яного вороху, утвореного при виконанні цих операцій.

2. Для визначення конструктивних, кінематичних та технологічних параметрів ротаційних граблів-ворушилок запропоновані аналітичні залежності /І/.../8/, які можна використати для ана-

лізу їх роботи та розрахунків при проектуванні.

3. Сформульовано теоретичні основи пневмосепарації трав'яного вороху. Одержано залежності /9/.../17/, які дозволяють виконувати розрахунки параметрів руху виділяємих частин рослин в потоці повітря та обґрунтувати параметри і режими роботи пневмосепаруючих пристроїв.

4. Розроблено методику оцінки якості виконання сінозбиральними машинами технологічних операцій за оббиванням вегетативних частин рослин, згідно якої /формула /20/ якість їх роботи оцінюється за зміною облистяності трави до і після дії робочих органів.

5. Для зменшення нерівномірності сушіння вегетативних органів рослин конюшини лучної, а відтак і механічних втрат при її ворухінні, згрібанні та перевертанні конюшину доцільно скошувати в ранніх фазах вегетації. При досягненні травової вологості меншої 30%, через значне оббивання вегетативних органів рослин, виконання цих операцій бажано уникати.

6. Оптимізацією рівняння регресії /21/ встановлено, що при ворухінні та згрібанні конюшини лучної вологість 60...50% коло ва швидкість відцентрових робочих органів не повинна перевищувати 7,4 м/с, а швидкість переміщення машини має знаходитись в межах 1,3...4 м/с. Із зниженням вологості трави швидкості необхідно зменшувати і при досягненні вологості 30% вони не повинні перевищувати відповідно 6 та 1,2 м/с. Оптимальне значення подачі становить 3,5...5,2 кг/с на метр ширини захвату.

7. В результаті аналізу рівнянь регресії /22/ та /23/ встановлені наступні оптимальні параметри процесу виділення з вороху конюшини лучної оббитих частин рослин: швидкість потоку повітря має знаходитись в межах 14...14,5 м/с; подача вороху -

6,8...8,5 кг/с; швидкість вкидання вороху в потік повітря - 6,5...7,8 м/с; висота встановлення камери виділення над потоком вороху - 0,24...0,26 м. В оптимальній зоні сепарації /рівняння регресії /24/ ворох чинить опір, продуванню його потоком повітря, рівний 160...170 Па.

8. Лабораторно-польові випробування показали, що поєднання ворущіння та згрібання трав з пневмосепарацією трав'яного вороху, утвореного при цьому, забезпечує на конюшині лучній, в порівнянні з традиційним способом виконання цих операцій, зменшення механічних втрат від оббивання на 32...47%. Виділені частини рослин за кормовою цінністю не поступаються трав'яному борошну першого класу. Забрудненість їх мінеральними домішками становить 0,18...0,26%. Річний економічний ефект /в цінах 1988 р./ від впровадження у виробництво ворущилки-сепаратора складає 4641 крб, на одну машину.

МАТЕРІАЛИ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНІ В НАСТУПНИХ ОСНОВНИХ ПРАЦЯХ:

1. Гарькавий А.Д., Кондратюк Д.И. Результаты сравнительных испытаний сеноворошилок. //Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 1988.- № 8.- С. 53-54.
2. Гарькавий А., Камінський М., Кондратюк Д. Методом активного вентилярования. //Механізація сільського господарства.- 1988.- № 5.- С. 22.
3. Рекомендації по заготівлі та зберіганню кормів і кормового білка на базі комплексної механізації. /Куркурін І.А., Задороний К.І., Кондратюк Д.Г. та інші. Кам'янець-Подільськ: - 1990. - 13 с.
4. Кондратюк Д.Г., Гарькавий А.Д. Теоретичні основи уловлення

- струменем повітря відломаних при ворущінні трави частинок рослин.//Механізація та електрифікація сільського господарства. К.: Урожай, 1993. - Вип. 78. - С. 16-18.
5. Кондратюк Д.И. Режимы работы центробежных граблей-ворошителей при заготовке сена из клевера лугового.//Информационный листок Винницкого ЦНТЭИ, № 27-94.- Винница.- 1994.- 4 с.
 6. А.с. I209086 /СССР/, МКИ А ОІД 78/10. Ворошилка /Гарькавый А.Д., Кондратюк Д.И., Азаренков М.И. и др. - 1986, Б.И., № 5. - 6 с.
 7. А.с. I451890 /СССР/ МКИ А ОІД 78/08. Способ ворошения сена и устройство для его осуществления /А.А.Бабиц, А.Д.Гарькавый, Д.И.Кондратюк, Б.Б.Мороз.- 3 с.
 8. А.с. I547768 /СССР/, МКИ А ОІД 78/10. Устройство для обработки скошенных растений /А.Д.Гарькавый, Д.И.Кондратюк, Ю.И.Савченко, С.И.Олишинский.- 1990, Б.И., № 9 - 3 с.
 9. А.с. I564747 /СССР/, МКИ А ОІД 84/00. Оборачиватель валков. /А.Д.Гарькавый, Н.И.Добрянский, Ю.К.Карпенко, Д.И.Кондратюк. - 4 с.
 10. А.с. I576020 /СССР/. Сеноворошилка./Д.И.Кондратюк, А.Д.Гарькавый, В.И.Каминский, Ю.К.Карпенко. - 1990, Б.И., № 25. - 4 с.
 11. А.с. I782429 /СССР/, МКИ А ОІД 78/10. Сеноворошилка./Д.И.Кондратюк, А.Д.Гарькавый, И.П.Масло и др.- 1992, Б.И., № 47. - 5 с.
 12. Патент № I743 /Україна/, А ОІД 78/10. Обертач валків./Гарькавий А.Д., Добрянський М.І., Карпенко Ю.К., Кондратюк Д.Г. - 1994. Бюл. № 3. - 4 с.
 13. Гарькавый А.Д., Кондратюк Д.И., Карпенко Ю.К. Потери листьев при интенсивной сушке сена в поле.//Тез. докл. научно-практ. конф.: Агрпромышленному комплексу Полесья УССР - научное

- обеспечение. - Житомир, 1989. - С. II2.
14. Кондратюк Д.Г. Новий спосіб ворухіння прив'яленої трави. //Тези допов. та вист. наук.-практ. конф.: Інженерні проблеми сільськогосподарського виробництва України.- К.:1994. - С. II6-II7.
15. Кондратюк Д.Г. Вплив деяких факторів на нерівномірність сушіння конюшини лучної.//Тези допов. першої Всеукраїнської конф. по проблемі "Корми і кормовий білок". - Вінниця, 1994. - С. 321-323.

ANNOTATION

Kondratiuk D.I.

The improvement of the operation and basic parameters of a rotational tedding rake with centrifugal working parts.

Technical Sciences Candidate Degree Thesis in speciality 05.02.01 - Agricultural Production Mechanization. Dniepropetrovsk Agrarian University, Dniepropetrovsk, 1995.

Eight researches and eight inventions which contain studies on the improvement of the operating process of rotating tedding rakes are being defended.

They are aimed at decreasing mechanical losses while tedding and turning swathes of mowed legume grass. It was found that this can be achieved by means of pneumatic separation of the grass swathe. The optimum modes of rake operation for clover were developed and the process modes and parameters of the working parts were established. The results of the research and development were introduced into production; data on their efficiency are given below.

Аннотация

Кондратюк Д.И. Усовершенствование рабочего процесса и обоснование параметров ротационных грабель-ворошителей с центробежными рабочими органами. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - механизация сельскохозяйственного производства. Днепропетровский аграрный университет, Днепропетровск, 1995.

Защищается 8 научных работ и 8 изобретений, которые содержат исследования по усовершенствованию рабочего процесса ротационных грабель-ворошителей, направленные на уменьшение механических потерь при ворошении, сгребании и оборачивании валков скошенных бобовых трав. Установлено, что достичь указанного возможно путем пневмосепарации травяного вороха, образованного в процессе выполнения этих операций. Определены оптимальные режимы работы ворошилки-сепаратора применительно к клеверу луговому, обоснованы режимы процесса и параметры рабочих органов. Осуществлено внедрение результатов исследований в производство, приводятся данные об их эффективности.

Ключові слова: ворущіння, згрібання трави, механічні втрати, пневмосепарація, трав'яний ворох.

V46 P454

#B 33.358
AB 33.358