

ХАРАКТЕРИСТИКА АЕРОДИНАМІЧНОГО ПОЛЯ В РОБОЧІЙ КАМЕРІ ДВОБАРАБАННОГО ОБЧІСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Стоєв М.Ф., інж.; Данченко М.М., к.т.н., доц.

Таврійський державний агротехнологічний університет

В статті розглянуто основні характеристики аеродинамічного поля в важливих зонах робочої камери двобарабанного обчисуючого пристрою з урахуванням впливу на них частот обертання обчисувального барабану і бітера-відбивача, а також зазору між їхніми робочими органами. Визначена область раціональних значень цих факторів щодо використання аеродинамічного поля для покращення технологічних умов обчисування рослин на корені та збору зернового вороху.

Постановка проблеми. Технологія збирання зернових культур обчисуванням рослин на корені сьогодні набула широкого визнання в Україні та за її межами як пріоритетний напрям розвитку зернозбиральної техніки. Важливий внесок у розробку технології та технічних засобів збирання зернових культур обчисуванням рослин на корені належить науковцям ТДАТУ [1–6]. Свідченням цьому є широке впровадження нової технології і двобарабанного обчисуючого пристрою конструкції ТДАТУ (сімейства МОН) на ланах України, Росії та інших країн [5, 6].

Практичний досвід показав, що в зернозбиральних машин обчисуючого типу можуть виникати продольні і поперечні коливання обчисуючого пристрою, амплітуда яких різко зростає при збільшенні швидкості руху та при наявності збурюючого чинника збоку рельєфа поверхні поля [7, 8]. Такі коливання негативно позначаються на стабільності технологічного процесу обчисування рослин та зниженні якісних показників роботи зернозбиральних машин. Тому з метою покращення динамічних характеристик зернозбиральних комбайнів, обладнаних обчисувальними жниварками, які стабільно працюють на значно вищих швидкостях, ніж серійні комбайни, в даний час проводяться всебічні дослідження можливостей зменшення габаритів та металоемності конструкцій обчисуючих пристроїв [5]. Доведено, що в конструктивно-технологічній схемі двобарабанного обчисуючого пристрою така можливість криється у зменшенні діаметра бітера-відбивача [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [9, 10] показано, що при зменшенні діаметра бітера-відбивача до 380-450 мм не відбувається погіршення показників ефективності роботи обчисуючих пристроїв, а деякі з них навіть покращились в наслідок підвищення їх динамічної стійкості та зменшення енерговитрат на технологічний процес обчисування рослин на корені.

Проте в літературі відсутні дані про результати досліджень аеродинамічного поля в робочій камері обчисуючого пристрою зі зменшеним діаметром

бітера-відбивача. Хоча раніше проведеними дослідженнями [1, 11, 12] доведено, що аеродинамічне поле в робочій камері обчісуючих пристроїв відіграє важливу роль як в здійсненні обчісування рослин на корені, так і в забезпеченні повного збору продуктів обмолоту. В [12] наведені результати досліджень характеристик аеродинамічного поля, яке утворюється двома барабанами, що мають однакові діаметри і однакові частоти обертання.

Тому мета наших досліджень полягала у визначенні характеристик аеродинамічного поля в робочій камері двобарабанного обчісуючого пристрою зі зменшеним діаметром бітера-відбивача в залежності від частоти обертання обчісувального барабану.

Дослідження проводились в лабораторних умовах на дослідній установці (рис. 1), основні робочі органи якої за своїми параметрами не відрізнялися від натурального польового зразку двобарабанного обчісуючого пристрою [10]. Діаметри обчісувального барабану і бітера-відбивача в досліді залишалися не змінними і дорівнювали 700 та 400 мм відповідно.

Для визначення швидкості повітряного потоку в характерних зонах (S_0 , S_1 , S_2 , S_3 , S_4 та окремих точках, рис. 1) робочої камери проводилися заміри динамічного напору повітря за допомогою мікроманометра ММН-240, в комплект якого входили пневмометричні трубки Піто–Прандтля. За отриманими даними визначались значення швидкості повітряного потоку згідно відомих методик [13]. Дослідні дані опрацьовувалися математичними методами з використанням програмного пакету PASW Statistics 18.

На першому етапі досліджень на лабораторній установці (рис. 1) був проведений багатофакторний експеримент типу 2^3 у відповідності з табл. 1. За параметр оптимізації обрана швидкість повітряного потоку (Y) у характерних областях робочої камери обчісуючого пристрою: точки 53 і 52, які належать області найбільш активної взаємодії робочих органів обчісувального барабану та бітера-відбивача при обчісуванні рослин на корені (рис.1), а також переріз S_1 робочої камери через точки 49, 11 і 12, який охоплює зону високої ймовірності зіткнень потоків зернового вороху від обчісувального барабану та від бітера-відбивача.

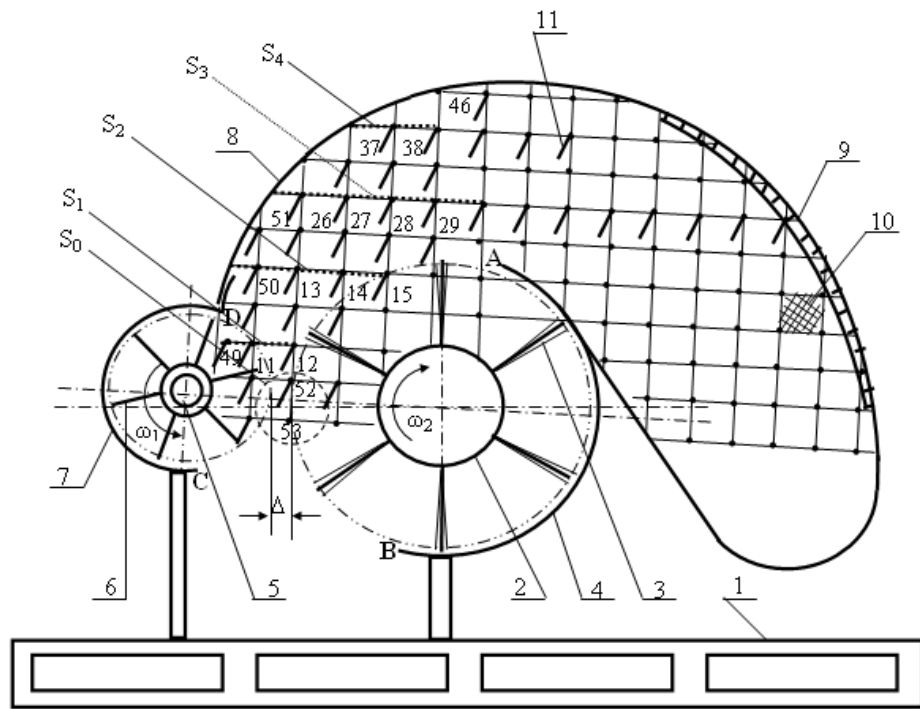


Рис. 1. Схема лабораторної установки:

1 – рама; 2 – обчисувальний барабан; 3 – робочі органи обчисувального барабану; 4 – задній кожух обчисувального барабану; 5 – бітер-відбивач; 6 – робочі органи бітера-відбивача; 7 – передній кожух бітера-відбивача; 8 – верхній кожух робочої камери; 9 – сітчасте вікно для виходу повітря; 10 – масштабна сітка з квадратами 10×10 см; 11 – флюгарки.

Таблиця 1 План МФЕ типу 2 по вивченню аеродинамічного поля в робочій камері двобарабанного обчисувального пристрою

| Досліджувані фактори | Рівень значень факторів | | | Шаг |
|--|-------------------------|--------------|-------------|-----|
| | Нульовий (0) | Верхній (+1) | Нижній (-1) | |
| Зазор між бітером-відбивачем та обчисувальним барабаном (Δ , мм), X1 | 60 | 90 | 30 | 30 |
| Частота обертання бітера-відбивача (n_1 , об./хв.), X2 | 800 | 900 | 700 | 100 |
| Частота обертання обчисувального барабану (n_2 , об./хв.), X3 | 600 | 700 | 500 | 100 |

За результатами статистичної обробки дослідних даних для вказаних точок 53, 52 та перерізу S_1 отримані відповідні рівняння регресії у кодованих змінних:

$$Y_1 = 12,39 - 2,09 \cdot x_1 + 1,18 \cdot x_2 + 1,20 \cdot x_3 - 1,08 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,299 \cdot x_1 \cdot x_3; \quad (1)$$

$$Y_2 = 14,565 - 1,603 \cdot x_1 + 0,903 \cdot x_2 + 1,70 \cdot x_3 + 0,67 \cdot x_1 \cdot x_3; \quad (2)$$

$$Y_3 = 9,88 + 0,391 \cdot x_1 + 0,691 \cdot x_2 + 0,569 \cdot x_3 \quad (3)$$

Ці рівняння відповідають умові адекватності за критерієм Фішера, тому вони були використані в подальшому аналізі впливу дослідженої сукупності факторів (Δ , n_1 , n_2) на параметр оптимізації (Y).

Встановлено, що в зоні обчисування (точки 53 і 52, рис.1) швидкість повітряного потоку визначається, в першу чергу, величиною зазору між барабаном і бітером-відбивачем (фактор X_1) і частотою обертання обчисувального барабану (фактор X_3), а потім частотою обертання бітера-відбивача (фактор X_2). Інтенсивність і характер впливу цих факторів на параметр оптимізації визначаються числовими значеннями та знаками відповідних коефіцієнтів у рівняннях регресії. З'ясовано, що при $X_1 = -1$ ($\Delta = 30$ мм), $X_2 = +1$ ($n_1 = 900$ об./хв.) і при $X_3 = +1$ ($n_2 = 700$ об./хв.) швидкість повітряного потоку в зоні обчисування (у точках 53 та 52) набуває максимального значення: $Y_1 = 17,64$ м/с і $Y_2 = 18,10$ м/с відповідно, що значно перевищує швидкість витання зерна (6–12 м/с). У перерізі S_1 через точки 49, 11 і 12 (рис. 1) робочої камери, в зоні високої ймовірності зіткнень потоків зернового вороху, швидкість повітряного потоку, при вказаних значеннях факторів, становить $Y_3 = 10,75$ м/с, що майже збігається з верхньою межею швидкості витання зерна. Іншими словами, в цій зоні утворюється надійний «повітряний затвір», який перешкоджає падінню зерна униз після їх можливих зіткнень, а значить сприяє зниженню втрат зерна при обчисуванні. Крім того, швидкісний вертикальний повітряний потік в зоні обчисування забезпечує вертикальне положення суцвіть, що позитивно позначається на якості їх обмолоту з високим виходом вільного зерна [11].

На другому етапі досліджень вивчалися характеристики аеродинамічного поля в різних зонах (S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 та в окремих точках, рис. 1) робочої камери обчисуючого пристрою. Вплив на ці характеристики частоти обертання обчисувального барабану (n_2) досліджувався при фіксованих значеннях двох інших факторів ($\Delta = 60$ мм; $n_1 = 700$ об./хв.), які були прийняті з урахуванням результатів польових випробувань дослідного зразка обчисуючого пристрою з бітером-відбивачем діаметром 400 мм [10]. Параметр n_2 в досліді змінювався в межах 500-800 об./хв. з шагом 100 об./хв.

Результати досліджень показали, що в зоні обчисування (S_0) швидкість повітряного потоку знаходиться в дуже тісному позитивному кореляційному зв'язку з частотою n_2 обертання обчисувального барабану, характер впливу на цей показник параметру n_2 відображує рис. 2.

Так, для точки 53 коефіцієнт кореляції $r = 0,938$; для точки 52 $r = 0,878$; для всієї області S_0 $r = 0,921$. Отже зона обчисування за аеродинамічними характеристиками виявляється найбільш чутливою до змін частоти обертання обчисувального барабану, які можуть бути зумовлені, наприклад, нерівномірністю густоти стеблостою вздовж гона комбайну [14].

В зоні найбільш імовірного зіткнення зернових потоків (S_1), яку представляють точки 49, 11 і 12 (рис. 1), швидкість повітряного потоку корелює з параметром n_2 дещо інакше у порівнянні з попередньою зоною S_0 . Для точки 12, яка найближче розташована до обчисувального барабану, коефіцієнт кореляції $r = 0,973$ виявився найвищим з усіх значень, що спостерігались в даних дослідженнях. В точці 11, що знаходиться приблизно посередині над зоною обчисування, коефіцієнт кореляції залишився позитивним, але помітно зменшився до $r = 0,685$. На відміну від вказаних точок, для точки 49, яка знаходиться найближче до бітера-відбивача,

коефіцієнт кореляції набув від'ємного значення $r = -0,484$, що засвідчило, принаймні, мінливий характер впливу n_2 на швидкість повітряного потоку в цій точці. Для всієї ж області S_1 коефіцієнт кореляції $r = 0,783$ свідчить про наявність тісної позитивної кореляції між досліджуваними параметрами. Виявлені особливості впливу частоти обертання обчисувального барабану на розподіл швидкості повітряного потоку в зазначеній області робочої камери підтверджуються графіками, наведеними на рис. 3.

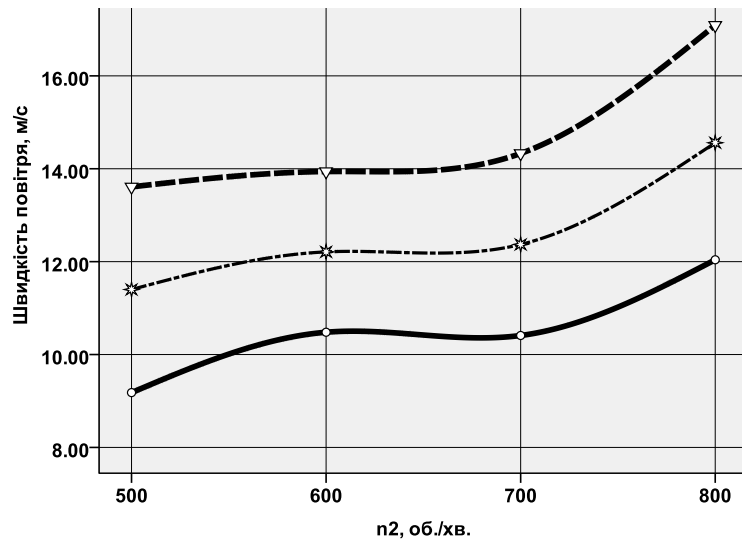


Рис. 2. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання барабану в зоні обчисування (S_0): —•— - точка 53; —•— - точка 52; —•— - середнє значення.

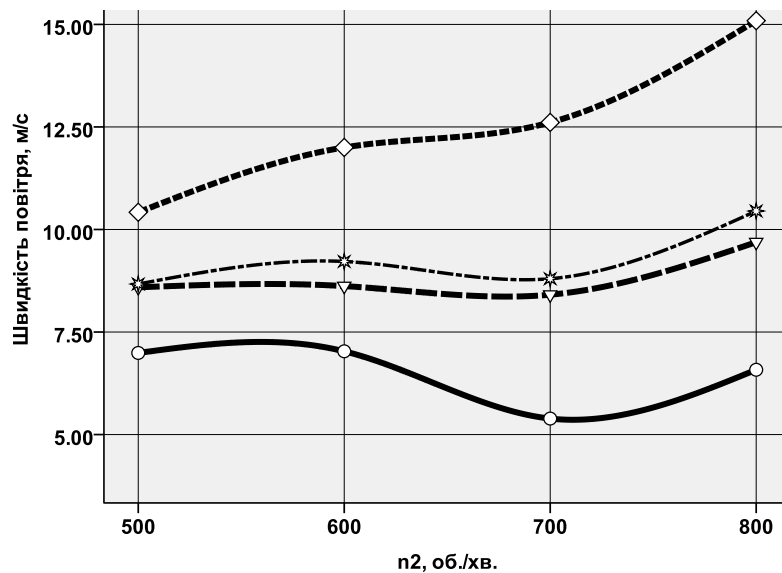


Рис. 3. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану в зоні високої ймовірності зіткнення потоків зернового вороху (S_1): —•— - точка 49; —•— - точка 11; —•— - точка 12; —•— - середнє значення.

В зоні впорядкованого потоку зернового вороху (S_2), яка представляється точками 50, 13, 14 і 15, що розташовані по висоті на рівні верхньої границі обчисувального барабану (рис. 1), посилюється мінливий характер залежності швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану

(рис. 4). Область нестабільності впливу параметру n_2 на швидкість аеродинамічного потоку найбільш виражена в точках 50 ($r = -0,745$) і 13 ($r = -0,077$). Для точок 14 і 15, навпаки, характерна позитивна кореляційна залежність між даними параметрами ($r = 0,664$ і $r = 0,885$ відповідно).

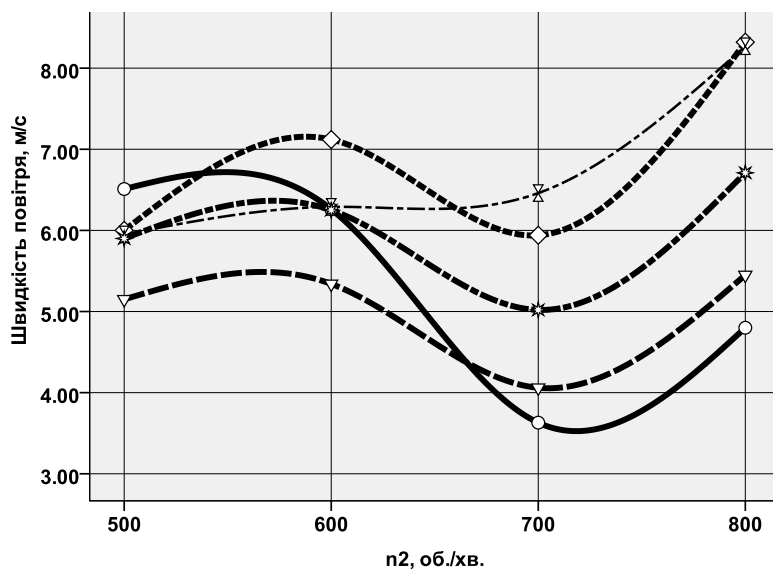


Рис. 4. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану в зоні утворення впорядкованого потоку зернового вороху (S_2):
 — точка 50; — — точка 13; ····· - точка 14; - · - · - точка 15; — · — - середнє значення.

Зона S_3 , яку представляють точки 51, 26, 27, 28 і 29 (рис. 1), що розташована над обчисувальним барабаном, характеризується найменш вираженою спорідненістю залежностей швидкостей повітряних потоків у вказаних точках від частоти обертання барабану (рис. 5).

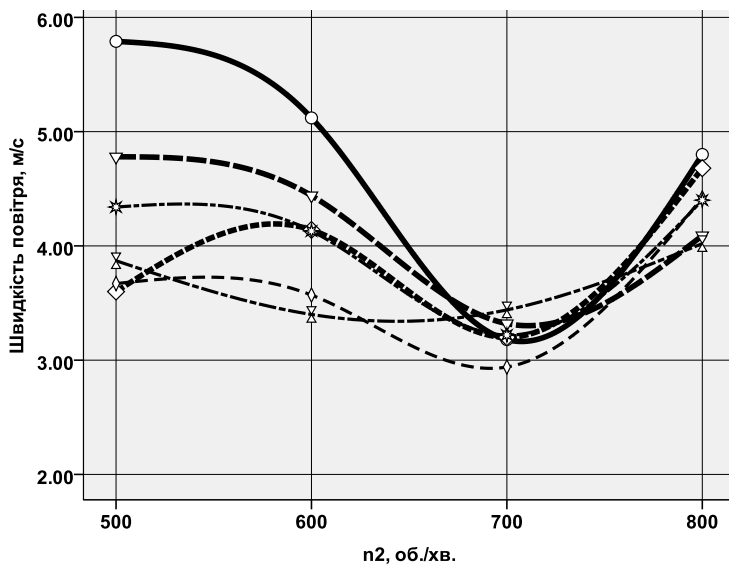


Рис. 5. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання барабану в зоні помірної турбулентності потоку (S_3):
 — -точка 51 ($r = -0,572$); — — - точка 26 ($r = -0,659$); ····· - точка 27 ($r = 0,461$);
 - · - · - точка 28 ($r = 0,204$); — · — - точка 29 ($r = 0,345$); — · — - середнє значення ($r = -0,172$).

Швидкість повітряного потоку в зоні S_4 , яка представлена точками 37 і 38 та розташована в найвищій області робочої камери, має виразну тенденцію до зниження при збільшенні частоти обертання обчисувального барабану (рис. 6). Це пояснюється зростанням в ній турбулентності за рахунок зіткнень висхідного потоку та потоку, відбитого задньою поверхнею камери, який не встиг проникнути через сітчасте вікно 9 (рис. 1) назовні.

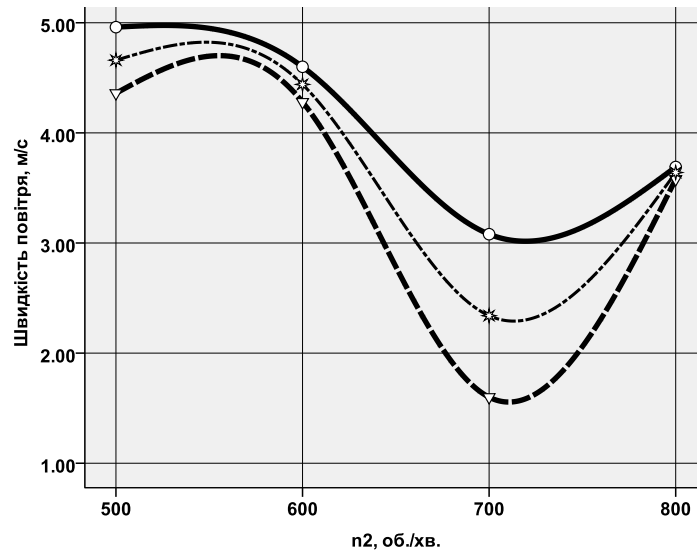


Рис. 6. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану в зоні високої турбулентності потоку (S_4):

— - точка 37 ($r = -0,804$); - - - - точка 38 ($r = -0,504$);
 - · - - - середнє значення ($r = -0,635$).

Загальну картину аеродинамічного поля та зміну середньої швидкості повітряного потоку в робочій камері обчисуючого пристрою характеризують дані, що наведені на рис. 7, 8 і в табл. 2.

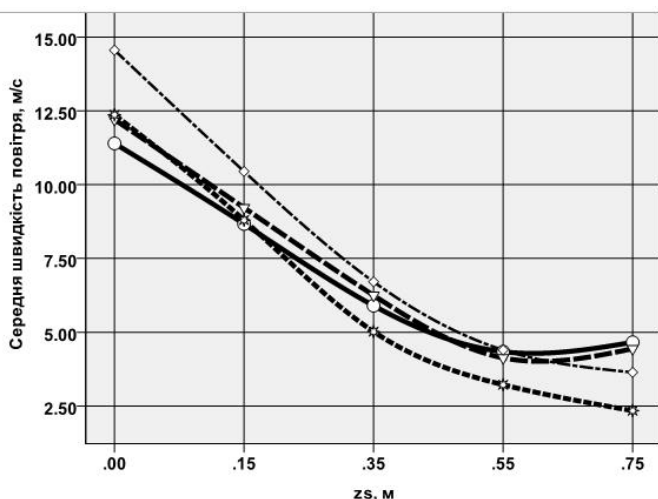


Рис. 7. Зміна середньої швидкості потоку V_z по висоті над віссю обчисувального барабану:

— - 500 об./хв.; - - - - 600 об./хв.; · · · · - 700 об./хв.;
 - · - - - 800 об./хв.

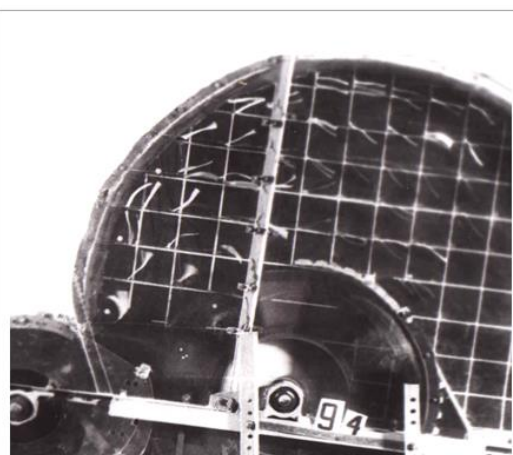


Рис. 8. Картина розподілу повітряного потоку в робочій камері ($\Delta = 60$ мм; $n_1 = 700$ об./хв.; $n_2 = 500$ об./хв.)

Таблиця 2 Мінливість швидкості повітряного потоку в об'ємі робочої камери для різних режимів роботи обчисувального барабану

| Статистичні показники | $n_2 = 500$ об./хв. | $n_2 = 600$ об./хв. | $n_2 = 700$ об./хв. | $n_2 = 800$ об./хв. |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Середнє значення, м/с | 6,99 | 7,25 | 6,35 | 7,95 |
| Стд. похибка середнього, м/с | 1,340 | 1,535 | 1,869 | 2,033 |
| Стд. відхилення, м/с | 2,996 | 3,432 | 4,178 | 4,546 |
| Розмах, м/с | 7,06 | 8,08 | 10,03 | 10,92 |
| Мінімум, м/с | 4,34 | 4,13 | 2,34 | 3,64 |
| Максимум, м/с | 11,40 | 12,21 | 12,37 | 14,56 |
| Коефіцієнт варіації, % | 42,8 | 47,3 | 65,8 | 57,2 |

Висновки. 1. За встановленими характеристиками аеродинамічне поле в робочій камері двобарабанного обчисуючого пристрою зі зменшеним діаметром бітера-відбивача обґрунтовано вважається сприятливим зовнішнім фізичним фактором, який підвищує стабільність протікання технологічного процесу обчисування рослин на корені та збору продуктів обмолоту. 2. В зоні обчисування рослин середня швидкість вертикального повітряного потоку в залежності від частоти обертання обчисувального барабану знаходиться в межах 11,4–14,6 м/с, що перевищує швидкість витання зерна та забезпечує підтримку суцвіть у вертикальному положенні під час їх обмолоту на корені. 3. Безпосередньо над зоною обчисування утворюється висхідний аеродинамічний потік, швидкість якого становить 8,7–10,4 м/с, що суттєво полегшує транспортування продуктів обмолоту і сприяє зниженню втрат зерна при обчисуванні рослин на корені. 4. За недостатньої ефективної площі перерізу вихідного вікна, що знаходиться на задній поверхні робочої камери, породжується зворотній від неї потік, який зіткається з висхідним потоком. Це зумовлює зростання турбулентності аеродинамічного потоку у верхній, над обчисувальним барабаном, зоні робочої камери, що погіршує умови транспортування продуктів обмолоту в ній.

Список використаних джерел

1. Шабанов П.А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис...д-ра техн. наук : 05.20.01 / П.А. Шабанов; Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства. – Мелитополь, 1988. – 353 с.
2. Шабанов П.А. Отраслевая научно-техническая лаборатория зерноуборочных машин Таврической агротехнической академии (краткий исторический обзор) / П.А. Шабанов, Н.Н. Данченко // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 5–23.
3. Погорельий Л.В. Колосоуборки – «стрипперы-очесыватели» –

- фатаморгана или новая эра в зерноуборке? / Л.В. Погорелый, С.Н. Коваль // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 31–57.
4. Дранишников А. Галлы на уборке / А. Дранишников // Зерно. – 2007. – № 9. – С. 92–98.
 5. Сысолин П. Проблемы и перспективы внедрения в Украине технологии уборки зерновых колосовых культур методом очесывания колосков / П. Сысолин, И. Иваненко // Техника АПК. – 2008. - № 5.– С.24–29.
 6. Жукова О. Уборка без проблем / О. Жукова // Агро Профи. – 2010. – № 5. – С. 23.
 7. Данченко Н.Н. Структурно-технологические особенности рисоуборочного комбайна очесывающего типа / Н.Н. Данченко // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 66–72.
 8. Резаеи Аса Аббас. Способы уменьшения колебаний комбайна при движении: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук.: спец. 01.02.01 «Теорет. механика» / А. А. Резаеи ; МГУ. – М., 2006. – 22с.
 9. Машков А.М. Обоснование параметров битера-отражателя очесывающего устройства для обмолота зерновых культур на корню: дис...канд. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Машков ; Крымский гос. аграрный ун-т. – Симф., 2002. – 159 с.
 10. Стоев Н.Ф. Влияние параметров битера-отражателя на качество работы очесывающего устройства /Н.Ф. Стоев // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 159 – 165.
 11. Гончаров Б.И. Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис. канд. техн. наук : 05.20.01 / Б.И. Гончаров. – М., 1982 – 217 с.
 12. Голубев И.К. Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: дис...канд. техн. наук : 05.20.01 / И.К. Голубев. – М., 1989. – 201с.
 13. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика / Н.Ф. Краснов. – М.: Высшая школа. – 1974. – 732 с.
 14. Стоев М.Ф. До проблеми оптимізації динамічних характеристик обчісувального пристрою рисозбирального комбайна / М.Ф. Стоев, М.М. Данченко // Техніка сільськогосподарського виробництва. Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 1997. – Вип. 1. – С. 86 – 88.

Аннотация

ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ДВУХБАРАБАННЫХ ОЧЁСЫВАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Стоев Н.Ф., Данченко Н.Н..

В статье рассмотрены основные характеристики аэродинамического поля в важных зонах рабочей камеры двухбарабанного очёсывающего устройства с учетом влияния на них частот вращения очёсывающего барабана и битера-отражателя, а также зазора между их рабочими органами. Определена область рациональных значений этих факторов применительно к использованию аэродинамического поля для улучшения условий очёсывания растений на корню и сбора зернового вороха.

Abstract

THE CHARACTERISTICS OF THE AERODYNAMIC FIELD IN THE WORKING CHAMBER OF DOUBLEDRUM STRIPPING DEVICE OF GRAIN HARVESTER.

N.F. Stoev, N.N. Danchenko

The article describes the main characteristics of the aerodynamic field in the important areas of working chamber of double-drum stripping device providing the influence of rotation speed rates of stripping cylinder and beater-reflector as well as the gap between their working elements. The range of rational values for these factors has been designated in using aerodynamic field in order to improve the technological conditions of plants stripping and harvesting the grain thrashed heap.