

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 17 Том 2

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2017

УДК 631.3

Т.2

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2017. – Вип. 17, т. 2. – 157 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол №4 від 28.11.2017 р.

У збірнику наукових праць опубліковано матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства, енергетики та автоматизації процесів агропромислового виробництва.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В. М. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор); Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник головного редактора); Діордієв В. Т. – д.т.н., проф. (відповідальний секретар); Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф.; Дідур В. А. – д.т.н., проф.; Єремєєв В. С. – д.т.н., проф.; Назаренко І. П. – д.т.н., проф.; Леженкін О. М. – д.т.н. проф.; Малкіна В. М. – д.т.н., проф.; Панченко А. І. – д.т.н., проф.; Скляр О. Г. – к.т.н., проф.; Волошина А. А. – д.т.н., проф.; Тарасенко В. В. – д.т.н., проф.; Караєв О. І. – д.т.н., с.н.с.; Федюшко Ю. М. – д.т.н., проф.; Фурман І. О. – д.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Леженкін О. М.

Адреса редакції: ТДАТУ

пр. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь Запорізька обл.
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2017

УДК 631.354:001.3

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ ПРИЧІПНОГО ЗБИРАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ЗІ ЗМІННОЮ МАСОЮ

Леженкін О. М., д.т.н.,

Рубцов М. О., к.т.н.,

Григоренко С. М., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (098) 89-00-313, e-mail: lan2810@mail.ru

Анотація – у статті наводиться методика побудови математичної моделі у вигляді закону руху причіпного збирального агрегату зі змінною масою.

Ключові слова – математична модель, закон руху, змінна маса, збиральний агрегат, обчисування рослин на корені.

Постановка проблеми. Збирання врожаю є ключовою операцією в технологічному ланцюгу вирощування зернових культур. На сьогоднішній день найбільш поширеним способом збирання є комбайновий.

Однак він має ряд недоліків, тому були розроблені альтернативні способи збирання, найбільш ефективним з яких є метод обчисування рослин на корені, з обробітком вороху на стаціонарі. Для обчисування рослин була розроблена причіпна збиральна машина [1-3], яка агрегується з трактором МТЗ-80. Збір обчисаного вороху здійснюється в причіп-візок 2ПТС-4.0, який чіпляється до збиральної машини (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд причіпного збирального агрегату

Як видно з рисунку 1 збиральний агрегат є триланковою механічною системою, в якій окремі ланки мають змінну масу, і як наслідок сам агрегат має змінну масу.

Втрати при збиранні прямим чином залежать від стійкості руху збирального агрегату. Тому виникає проблема розробки закону руху агрегату зі змінною масою.

Аналіз останніх досліджень. Для тіл з постійною масою стійкість руху розглянута в роботах Василенко П. М. [4] і Гячева Л. В. [5]. Стосовно до причіпних збиральних агрегатів дане питання розглянуто в роботах [6-8]. Основи динаміки тіл перемінної маси викладені Мещерським І. В. в роботі [9]. Диференціальний рух причіпного збирального агрегату зі змінною масою приведено в роботі [10], а в роботі [11] розглянуто методику визначення швидкості руху даного агрегату.

Формулювання цілей статті. Побудувати математичну модель руху причіпного збирального агрегату.

Основна частина. Диференціальне рівняння руху причіпного збирального агрегату має вигляд [10]

$$m \frac{dV}{dt} = F + BVQku - BQV^2k, \quad (1)$$

де V – швидкість руху збирального агрегату, м/с;

F – головний вектор сил, прикладених до збирального агрегату, Н;

B – ширина захвату обчислюваного пристрою, м;

k – коефіцієнт, що враховує зміст незернових компонентів в обчислюваному воросі (соломи, обірваних колосків, полови);

u – швидкість руху приєднуючих частинок, м/с.

Рішення диференціального рівняння (1) дало можливість визначити швидкість руху агрегату [11]

$$V = \frac{f e^{l(c-t)} - n}{1 - e^{l(c-t)}}, \quad (2)$$

при цьому у формулі (2) прийняті наступні позначення:

$$n = -\frac{u}{2} - \sqrt{\frac{u^2 b + 4a}{4b}}, \quad f = \frac{u}{2} + \sqrt{\frac{u^2 b + 4a}{4b}}, \quad l = 2b \sqrt{\frac{u^2 b + 4a}{4b}},$$

$$b = \frac{1}{m} BQk, \quad a = \frac{1}{m} F,$$

при $t_0 = 0, V = V_0$,

$$c = \frac{1}{l} \ln \frac{V_0 + n}{V_0 + f}.$$

Використовуючи вираз (2) визначимо закон руху збирального агрегату як функцію часу, для чого представимо, що $V = \frac{ds}{dt}$, тоді з урахуванням формули (2) отримаємо диференціальне рівняння першого порядку виду

$$\frac{ds}{dt} = \frac{f e^{l(c-t)} - n}{1 - e^{l(c-t)}} dt. \quad (3)$$

Помножимо ліву і праву частини рівняння (3) на dt

$$dS = \frac{f e^{l(c-t)} - n}{1 - e^{l(c-t)}} dt. \quad (4)$$

Проінтегруємо обидві частини рівняння (4)

$$\int dS = \int \frac{f e^{l(c-t)} - n}{1 - e^{l(c-t)}} dt.$$

З урахуванням, що $\int dS = S$, отримаємо:

$$\begin{aligned} S &= \int \frac{f e^{l(c-t)} - n}{1 - e^{l(c-t)}} dt \\ S &= f \int \frac{e^{l(c-t)} - \frac{n}{f}}{1 - e^{l(c-t)}} dt = \left\{ \begin{array}{l} r = e^{l(c-t)}; \frac{dr}{dt} = -l \cdot dt \\ \ln r = \ln e^{l(c-t)} \\ \ln r = l(c-t); dt = \frac{1}{-l} \cdot \frac{dr}{r} \end{array} \right\} = -\frac{f}{l} \int \frac{dr}{1-r} + \\ &+ \frac{n}{l} \int \frac{dr}{(1-r)r} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{(1-r)r} = \frac{A}{1-r} + \frac{D}{r}; \\ 1 = A \cdot r + D(1-r); \frac{1}{(1-r)r} = \frac{1}{1-r} + \frac{1}{r} \\ r=1 \mid 1=A \Rightarrow A=1 \\ r=0 \mid 1=D \Rightarrow D=1 \end{array} \right\} = \\ &= \frac{f}{l} \int \frac{dr}{1-r} + \frac{n}{l} \int \frac{dr}{1-r} + \frac{n}{l} \int \frac{dr}{r} = \left(\frac{n-f}{l} \right) \int \frac{dr}{1-r} + \frac{n}{l} \int \frac{dr}{r} = \\ &= \frac{f-n}{l} \int \frac{dr}{r} + \frac{n}{l} \ln|r| + c_1 = \frac{f-n}{l} \ln|r-1| + \frac{n}{l} \ln|r| + c_1 = \\ &= \frac{f-n}{l} \ln|e^{l(c-t)} - 1| + \frac{n}{l} \ln|e^{l(c-t)}| + c_1. \end{aligned} \quad (5)$$

Остаточно закон руху має вигляд

$$S = \frac{f-n}{l} \ln|e^{l(c-t)} - 1| + n(c-t) + c_1. \quad (6)$$

де c_1 – постійне інтегрування, яке залежить від початкових умов.

Висновки. В результаті аналітичних досліджень отримано закон руху збирального агрегату з урахуванням мінливості його маси, який встановлює залежність між становищем агрегату і його конструктивно-технологічними параметрами, що дає можливість встановити режими роботи агрегату, що забезпечують стійкий його рух.

Література

1. Леженкин А. Н. Машина с очесывающим устройством / А. Н. Леженкин // Сел. механизатор. – 2004. – №12. – С. 2.
2. Леженкин О. М. Аналіз виробничої перевірки збиральної машини для фермських господарств / О. М. Леженкин, С. М. Григоренко // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 2. – С. 194-202.
3. Леженкин А. Н. Результаты полевых испытаний уборочной машины для фермерских и крестьянских хозяйств / А. Н. Леженкин, С. М. Григоренко // Техніка АПК. – 2007. – №3. – С. 30-32.

4. *Василенко П. М.* Элементы теории устойчивости движения прицепных сельскохозяйственных машин и орудий / *П. М. Василенко* // Сбор. трудов по земледельческой механике. – М., 1954. – С. 73-92.

5. *Гячев Л. В.* Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов / *Л. В. Гячев.* – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.

6. *Леженкін О. М.* Стійкість руху причіпного збирального агрегату очісуючого типу / *О. М. Леженкін* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип. 33. – С. 26-46.

7. *Леженкин А. Н.* Устойчивость движения уборочного агрегата / *А. Н. Леженкин* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 3. – С. 77-85.

8. *Леженкин А. Н.* Анализ устойчивости движения прицепной уборочной машины очесывающего типа / *А. Н. Леженкин* // Информационные технологии в эксплуатации МТП АПК: известия междунар. академии аграрного образ. – СПб., 2008. – Вып. 7, т. 1. – С. 110-113.

9. *Мещерский С. В.* Работы по механике переменной массы / *И. В. Мещерский.* – М.-Л.: Изд. технико-теоретической литературы, 1949. – 275 с.

10. *Леженкин А. Н.* Моделирование процесса движения агрегата с переменной массой / *А. Н. Леженкин, С. М. Григоренко* // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 2. – С. 80-86.

11. *Леженкин А. Н.* Определение скорости движения уборочного агрегата с переменной массой / *А. Н. Леженкин, Н. А. Рубцов, С. М. Григоренко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 79-85.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ПРИЦЕПНОГО УБОРОЧНОГО АГРЕГАТА С ПЕРЕМЕННОЙ МАССОЙ

Леженкин А. Н., Рубцов Н. А., Григоренко С. М.

Аннотация – в статье приводится методика построения математической модели в виде закона движения прицепного уборочного агрегата с переменной массой.

CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS MOTION TOW HARVESTING UNITS WITH VARIABLE MASS

A. Lezhenkin, N. Rubtsov, S. Grigorenko

Summary

The article provides a method of constructing a mathematical model in the form of a law of motion of the trailer cleaning unit with variable mass.

УДК 631.354.2.026

ЙМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИКА ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ

Леженкін О. М., д.т.н.,

Рубцов М. О., к.т.н.,

Головльов В. А., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 44-02-17, e-mail: lan2810@mail.ru

Анотація – у статті запропонована конструкція розподільника обчисаного вороху зернових колосових, розглянуто його технологічний процес. Приведена методика побудови математичної моделі на підставі теорії масового обслуговування.

Ключові слова – ймовірнісна модель, граф станів, інтенсивність, граничні ймовірності, розподільник вороху, обчисування рослин, обчисаний ворох.

Постановка проблеми. Як відомо з робіт [1-4] найбільш ефективним методом збирання зернових є обчисування рослин на корені з доробкою обчисаного вороху на стаціонарі. На сьогоднішній день операція обчисування рослин достатньо обґрунтована в роботах Шабанова П. А. [5], Голубєва І. К. [6], Гончарова Б. І. [7], та інших. Є навіть макетні зразки збиральної машини для обчисування рослин [8-11], але процес доробки обчисаного вороху обґрунтований не в повній мірі. Більшість невирішених питань містить в собі сепарація обчисаного вороху, а саме розробка ефективних технічних засобів.

Аналіз останніх досліджень. Теоретичні основи та конструкція робочого органу для сепарації обчисаного вороху розглянуті в роботах Леженкіна І. О. [12-15]. Але для того, щоб спроектувати ефективно працюючий ворохоочісник необхідно розробити розподільник обчисаного вороху між верхнім та нижнім решітним станом ворохоочісника.

Постановка завдання. Розробити теоретичні передумови для проектування розподільника обчисаного вороху, а саме побудувати ймовірнісну модель функціонування розподільника обчисаного вороху.

Основна частина. Як відомо обчісаний ворох пшениці являє собою чотирьохкомпонентну суміш, в якій міститься вільного зерна 39...81% [16], полови 5...14% [17], солом'ястих частинок 12...54% [18], обірваних колосків 1,2...7,8% [19]. Поділити несипучу зерносолом'ясту суміш можливо з допомогою додаткового пристрою, який наведено на рис. 1.

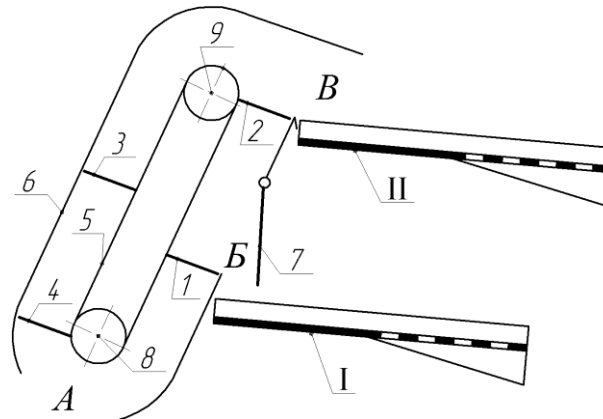


Рис. 1. Технологічна схема розподільника обчісаного вороху зернових колосових

Розглянемо розподільник у спрощеному вигляді, тобто на рис. 1, наведено мінімальну кількість скребків. У реальній ситуації їх може бути більше, але для більш сприятливої подачі інформації кількість скребків зменшено.

Розподільник вороху складається з ланцюгу 5, вдягнутого на ведену 9 та ведучу 8 зірочки. До ланцюгу прикріплені прогумовані скребки 1, 2, 3, 4. Розподільник змонтований в кожусі 6, в якому виконані вікна А, Б, В. Вікно А виконано в зоні загрузки скребків ворохом, вікно Б прикривається рухомою заслінкою 7, вікно В постійно відкрито. Вікно А є загрузне вікно, а вікна Б і В – вивантажувальні.

Технологічний процес розподільника здійснюється наступним чином. В зоні А скребок загрузається обчісаним ворохом і рухається вгору. Рухома заслінка 7 може бути відкритою або закритою. Її рух регламентується роботою кулачкового механізму в залежності від кута повороту кулачкового валу. В тому випадку, коли рухома заслінка закрыта скребок, рухається вздовж зони вивантажувального вікна Б, але матеріал не вивантажується. Доходячи до вивантажувального вікна В під дією сили тяжіння ворох вивантажується на верхній решітний стан ІІ.

У той час рухома заслінка 7 відкривається і наступна порція обчісаного вороху вивантажується під дією тієї ж сили тяжіння крізь вивантажувальне вікно Б і потрапляє на нижній решітний стан І. Скребок, з якого матеріал вже вивантажився рухається порожнім в

сторону вивантажувального вікна В. Коли він заходить в зону вікна В, то вивантаження не здійснюється. А потім цикл повторюється. В такий спосіб здійснюється розподіл обчисаного вороху між верхнім та нижнім решітним станом. Технологічний процес розподільника можна представити у вигляді наступного графа (рис. 2).

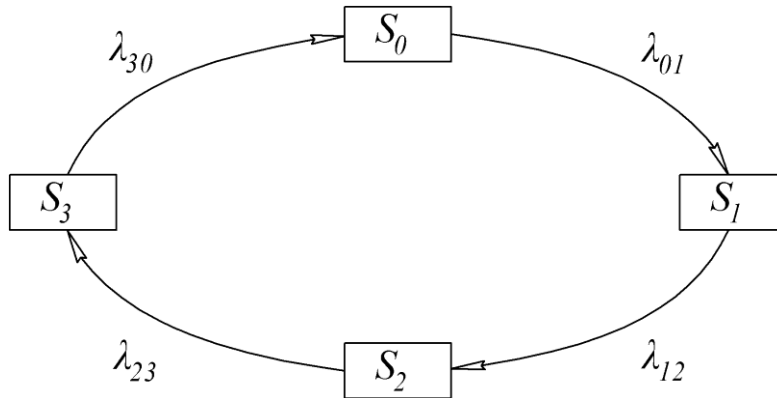


Рис. 2. Граф станів

тут S_0, S_1, S_2, S_3 – стани системи;

$\lambda_{01}, \lambda_{12}, \lambda_{23}, \lambda_{30}$ – інтенсивності.

Виходячи з графу станів (рис. 2) можливі стани системи можна описати наступним чином.

Стан 0 (рис. 3). Перший і другий скребки рухаються навантаженими обчисаним ворохом. Рухома заслінка починає відкриватися. Третій і четвертий скребки рухаються порожніми в бік зони завантаження.

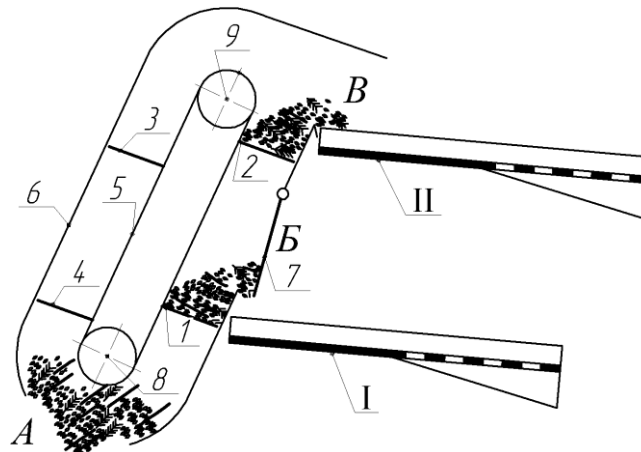


Рис. 3. Стан 0

Стан 1 (рис. 4). Рухома заслінка відкривається і ворох із першого скребка вивантажується крізь вікно Б. Другий скребок потрапляє в зону постійно відкритого вікна В і також вивантажується. Третій скребок вільно рухається порожнім, а четвертий наближається до зони

завантаження.

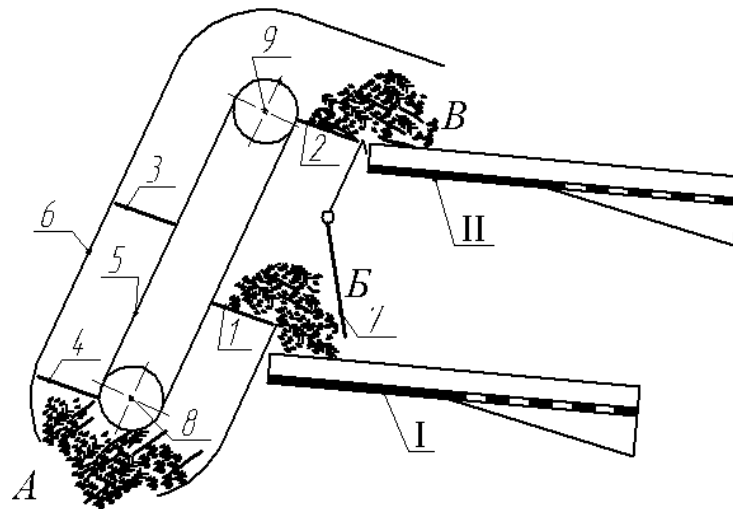


Рис. 4. Стан 1

Стан 2 (рис. 5). Перший скребок виходить із зони вивантажувального вікна Б порожнім, другий скребок виходить із зони постійно відкритого вікна В порожнім. Рухома заслінка закриває вікно Б. Четвертий скребок завантажується в зоні А. Третій скребок рухається порожнім в бік зони завантаження.

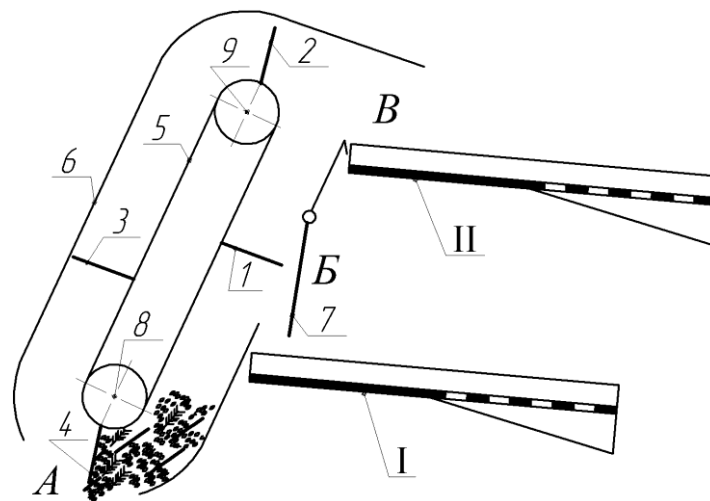


Рис. 5. Стан 2

Стан 3 (рис. 6). Третій скребок завантажується, четвертий скребок навантажений ворохом рухається вздовж вікна Б рухома заслінка зачинена. Перший скребок порожнім проходить зону постійно відкритого вікна В. Третій скребок завантажується ворохом в зоні А. Другий скребок рухається порожнім.

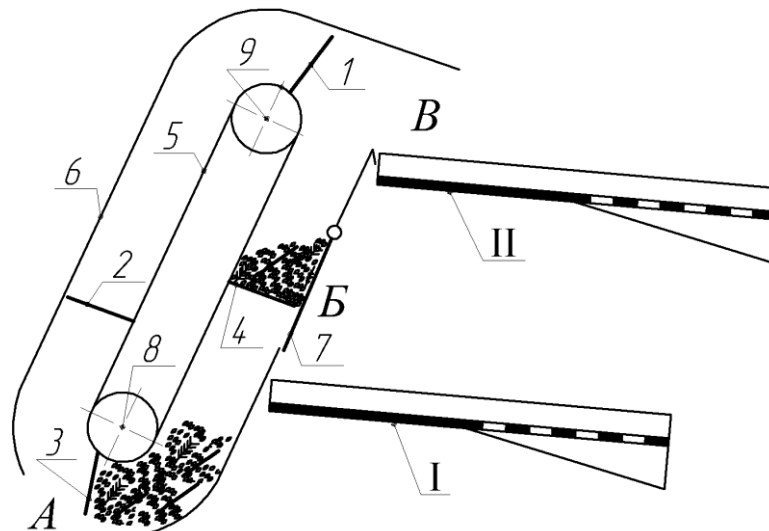


Рис. 6. Стан 3

Оскільки граничні ймовірності сталі, то замінюючи в рівняннях Колмагорова [20, 21] їхні похідні нульовими значеннями, отримаємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь, що описують стаціонарний режим:

$$\begin{cases} \lambda_{01}p_0 = \lambda_{30}p_3 \\ \lambda_{12}p_1 = \lambda_{01}p_0 \\ \lambda_{23}p_2 = \lambda_{12}p_1 \\ \lambda_{30}p_3 = \lambda_{23}p_2 \end{cases} \quad (1)$$

де p_0, p_1, p_2, p_3 – ймовірності знаходження розподільника обчисаного вороху у відповідних станах.

Підставляючи в систему (1) значення інтенсивностей і враховуючи, що одне з рівнянь є лінійно залежними від інших, тому замість цього рівняння вводимо нормуючу умову $p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1$.

Тоді система (1) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \lambda_{01}p_0 &= \lambda_{30}p_3 \\ \lambda_{12}p_1 &= \lambda_{01}p_0 \\ \lambda_{23}p_2 &= \lambda_{12}p_1 \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 &= 1. \end{aligned} \quad (2)$$

Розв'язавши систему, дістанемо її граничні ймовірності в загальному вигляді:

$$\begin{aligned} p_3 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} p_0; & p_1 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} p_0; \\ p_2 &= \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23}} p_1 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23}} \cdot \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} p_0 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} p_0. \end{aligned}$$

Підставивши значення p_1, p_2 і p_3 в останнє рівняння, матимемо:

$$p_0 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} p_0 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} p_0 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} p_0 = 1;$$

$$p_0(1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}) = 1.$$

Звідки отримаємо граничні ймовірності:

$$\begin{aligned} p_0 &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}; \\ p_1 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}; \\ p_2 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}; \\ p_3 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Висновки. Встановлено, що підвищення ефективності функціонування ворохоочісника обчисаного вороху зернових колосових можливо за рахунок рівномірної подачі вороху на верхній та нижній решітні стани, для чого запропонована конструкція розподільника обчисаного вороху.

Побудовано модель функціонування розподільника обчисаного вороху зернових, яка встановлює залежність між ймовірністю знаходження розподільника у різних станах та інтенсивностями, що дає можливість за рахунок комп'ютерного моделювання обґрунтувати режими його роботи.

Література

1. *Леженкин А. Н.* Перспективная технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств юга Украины / *А. Н. Леженкин* // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК: междунар. науч. конф. – Ярославль, 2003. – Ч. III. – С. 28-29.
2. *Кушнарёв А. С.* Энергосберегающая технология уборки зерновых для фермерских хозяйств / *А. С. Кушнарёв, А. Н. Леженкин* // Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав: сб. докл. международ. науч.-техн. конф. / ТГАТА. – Мелитополь, 2003. – С. 17-21.
3. *Леженкин А. Н.* Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая / *А. Н. Леженкин* // Механиз. и электриф. сел. хоз-ва. – 2007. – №2. – С. 5-7.
4. *Леженкин А. Н.* Формирование стационарной технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств Украины / *А. Н. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2006. – Вип. 40. – С. 195-205.
5. *Шабанов П. А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... д-ра техн. наук / *П. А. Шабанов*. – Мелитополь, 1988. – 336 с.
6. *Голубев И. К.* Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню:

дис... канд. техн. наук / *И. К. Голубев*. – М., 1989. – 201 с.

7. *Гончаров Б. И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис... канд. техн. наук / *Б. И. Гончаров*. – М., 1982. – 217 с.

8. *Леженкин А. Н.* Машина с очёсывающим устройством / *А. Н. Леженкин* // Сел. механизатор. – 2004. – №12. – С. 2.

9. *Леженкін О. М.* Аналіз виробничої перевірки збиральної машини для фермерських господарств / *О. М. Леженкін, С. М. Григоренко* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 2. – С. 194-202.

10. *Леженкин А. Н.* Результаты полевых испытаний полевой уборочной машины для фермерских и крестьянских хозяйств / *А. Н. Леженкин, С. М. Григоренко* // Техніка АПК. – 2007. – №3. – С. 30-32.

11. Пат. 98161 U Україна, МПК A01D41/ 08 (2006. 01) Причіпна збиральна машина / *І. О. Леженкін, С. М. Григоренко* (Україна); заявник і патентоотримувач Таврійський державний агротехнологічний університет. – №U 201408537; заявл. 28.07.2014; опубл. 27.04.2015, бюл. №8.

12. *Леженкин И. А.* Математическое моделирование процесса прохождения зерен через слой очесанного вороха зерновых / *И. А. Леженкин* // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2013. – Вып. 19(2013). – С. 59-64.

13. *Леженкин И. А.* Усовершенствование уравнений движения компонентов очёсанного вороха зерновых на поверхности плоского решета / *И. А. Леженкин* // Наука: многопроф. науч.-производств. журнал Костанайского инженерно-экономического университета. – Костанай, 2014. – Т. 1. – С. 181-185.

14. *Леженкин И. А.* Математическая модель сепарации зерна через слой очесанного вороха / *И. А. Леженкин* // Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матер. міжнар. наук.-практ. конф., Мелітополь; 7-14 квітня 2015 року. – Мелітополь, ТДАТУ, 2015. – Т. 4. Технічні науки (ч. 2). – С. 47-49.

15. Пат. 93931 U Україна, МПК B 07 B 1/22 (2006. 01). Очисник обчісаного вороху / *І. О. Леженкін* (Україна); заявник і патентоотримувач Таврійський державний агротехнологічний університет. – №U 201403942; заявл 14.02.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.

16. *Леженкин И. А.* Статистический анализ содержания свободного зерна в очёсанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 2. – С. 183-189.

17. *Леженкин И. А.* Статическая модель содержания половы в очёсанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Технічні системи і технології тваринництва: вісник ХНУСГ. – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 355-360.

18. *Леженкин И. А.* Математическая модель содержания половы в очёсанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 57-62.

19. *Леженкин И. А.* Анализ содержания оборванных колосков в очесанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12, т. 5. – С. 149-154.

20. *Рубцов М. О.* Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика: навч. посібник / *М. О. Рубцов*. – Мелітополь: МДПУ, 2016. – 486 с.

21. *Кремер Н. Ш.* Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / *Н. Ш. Кремер*. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 573 с.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ

Леженкин А. Н., Рубцов Н. А., Головлев В. А.

Аннотация – статье предложена конструкция распределителя очесанного вороха зерновых, рассмотрен его технологический процесс, а также приведена методика построения математической модели на основе теории массового обслуживания.

PROBABILISTIC MODEL OF THE FUNCTIONING OF THE COMBED GRAIN HEAP DISTRIBUTOR

A. Lezhenkin, N. Rubtsov, V. Holovlov

Summary

The paper proposes the design of the combed grain heap distributor, its technological process is considered. The construction method of the mathematical model based on the mass service theory is presented.

УДК 631.12

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ЇЇ ДЕФІЦИТУ

Мовчан В. Ф., к.т.н.,

Леженкін О. М., д.т.н.,

Ігнат'єв Є. І., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-12-65, e-mail: yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua

Анотація – в роботі проаналізовано основні фактори, що впливають на вартість проведення сільськогосподарських робіт з обліком тривалості робіт усього МТП. Виходячи з цих факторів запропоновано методику знаходження оптимальної тривалості робіт та кількості потрібної техніки в умовах її дефіциту. Проведено розрахунки, які показали, що втрати від збільшення агростроків в 1,69 разів для основних операцій по передпосівній обробці ґрунту та сівбі не перевищують втрат в разі придбання техніки.

Ключові слова – техніка, дефіцит, втрати, агрострок, технологія, економічний ефект.

Постановка проблеми. У зв'язку з кількарізним диспаритетом цін на машинобудівну продукцію в порівнянні із сільськогосподарською АПК України перебуває в тривалій системній кризі. Особливо це відбивається на придбанні техніки. У зв'язку зі зменшенням її в 2 і більше разів, значним старінням існуючих тракторів, комбайнів і інших сільськогосподарських машин, як правило, не витримуються строки виконання сільськогосподарських робіт. Це безпосередньо відбивається на врожайності вирощуваних культур. Втрати від подовження тривалості виконання робіт після агростроку за одну добу – $k_{1,2}$ при початку виконання роботи до агростроку (нижній індекс – 1) або при продовженні робіт після закінчення агростроку (нижній індекс – 2) коливаються в широких межах: від 0,1 до 1,9% урожаю.

Знизити ці втрати, а значить і витрати на проведення сільськогосподарських робіт, можна варіюючи тривалість виконання різних сільськогосподарських операцій. Там, де інтенсивність втрат більша, тривалість роботи повинна прагнути до агростроку. І, навпаки, при

невеликій інтенсивності втрат тривалість робіт за агросроком може бути значно збільшена. У підсумку втрати від пролонгації робіт у цілому істотно знизяться. При цьому досягається ефект як у зменшенні витрат від втрат продукції, так і в певній компенсації дефіциту техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Подібні дослідження були проведені на прикладі вирощування однієї культури [1, 2]. Результати виявилися досить ефективними, але в цих дослідженнях не враховувалися всі фактори, які впливають на втрати від простою техніки. Дослідженнями [3, 4] було задано вірну методику розрахунку потреби техніки в реаліях сучасного сільськогосподарського виробництва, але не було запропоновано конкретних рекомендацій. Основні відомості з досліджуваного питання можна знайти в роботах [5-8], в яких проведено доволі глибоке дослідження взаємозв'язку дефіциту техніки, термінів проведення робіт та втрат від їх продовження.

Результати дослідження та їх обговорення. Для визначення оптимальної тривалості механізованих с.-г. робіт при лінійній і нелінійній залежності втрат урожаю був використаний критерій мінімуму питомих витрат у вигляді суми вартості виконання роботи й втрат, пов'язаних з відхиленням виконання робіт від агростроків, а також із простоем МТА. Підсумовуючи ці функції, знайшовши її похідну по тривалості i -ї роботи й дорівнявши її нулю, одержують оптимальну тривалість при лінійній залежності втрат від строку робіт

$$T_{ij}^{opt} = \left[\frac{K_i (A + K + Z_{пл})}{0,005Ц \cdot У \cdot W_c \cdot P \cdot k_{1,2} (1 + D)} \right]^{0,5} \quad (1)$$

де K_i – частка річної або сезонної тривалості роботи МТА при виконанні певної операції;

A, K – амортизаційні відрахування й кредитна (лізингова) ставка, грн./рік або грн./сезон;

$Z_{пл}$ – сумарні постійні витрати на оплату працівників з нарахуваннями й інші витрати, що не залежать від кількості зробленої продукції, грн./рік або грн./сезон;

$Ц$ – середня закупівельна ціна сільськогосподарської культури, грн./т;

$У$ – її потенційна врожайність, коли виконуються строки оброблення й збирання, т/га;

W_c – добова експлуатаційна продуктивність МТА, га/добу;

P – рентабельність виконуваної роботи, %;

D – коефіцієнт, що враховує простої МТА при роботі.

Як показали дослідження, при лінійній залежності втрат кількість МТА зменшується в середньому в 1,5 рази. При показнику ступеня функції втрат більше одиниці кількість МТА знижується на

10..20%, нарешті, при показнику ступеня функції втрат менше одиниці кількість МТА знижується на 60...80%. Сезонна продуктивність, тобто інтенсивність роботи, збільшується прямо пропорційно цим величинам (рис. 1).

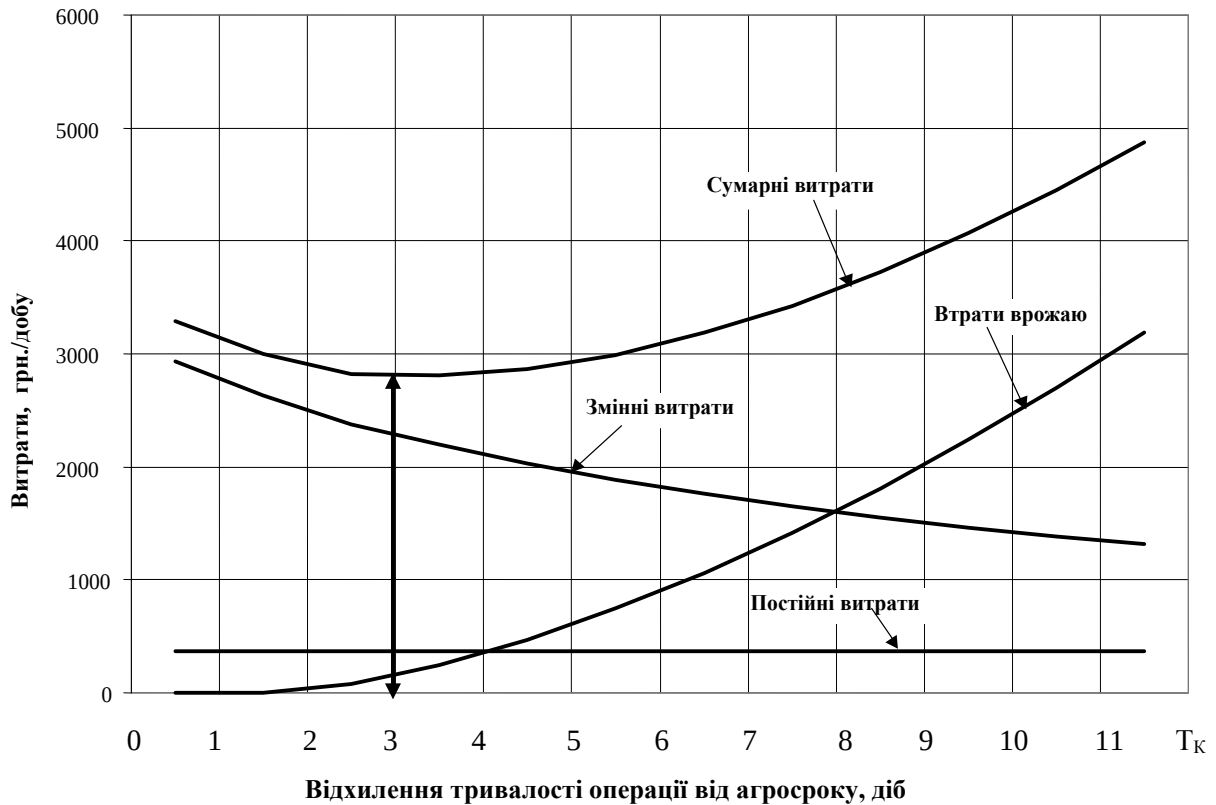


Рис. 1. Складові витрат на виконання с.-г. операції при нелінійній функції збитків

При нелінійній статечній функції втрати від відхилення роботи від прийнятого агросроку

$$C_2 = 0,005 \cdot Ц \cdot У \cdot Р \cdot W_c \cdot k_{1,2} (T_K - T_A)^\gamma \cdot (1 + D), \quad (2)$$

де γ — показник ступеня;

T_K — фактична тривалість роботи, доба;

T_A — агросрок.

На оптимальну тривалість роботи значний вплив робить частка річного виробітку, що доводиться на дану роботу (K_i).

При відсутності дефіциту техніки річна (сезонна) частка роботи визначається як відношення агросроку до нормативної річної (сезонної) тривалості роботи МТА. При дефіциті техніки річна, сезонна тривалість роботи збільшується одночасно із пролонгацією агросроку.

Отримані оптимальні тривалості робіт з виразу (1) справедливі для кожної окремо взятій культурі. Однак збільшення тривалості роботи з однієї культури може перешкодити по строках виконання тієї ж

роботи з іншої сільськогосподарської культури, у першу чергу, при близьких або однакових агростроках.

У цьому зв'язку становить значний інтерес рішення завдання знаходження оптимальних річних або сезонних часток тривалості робіт для всіх вирощуваних сільгоспкультур. Власне кажучи, мова йде про розвиток отриманих раніше залежностей для того, щоб ураховувати показники інтенсивності втрат всіх робіт, які виконує кожний МТА при вирощуванні сільськогосподарських культур, з метою мінімізації загальних втрат від дефіциту техніки.

Тому що величина K_i значно впливає на оптимальну тривалість роботи МТА, виведена формула її визначення. Для цього була використана рівність добутоків річної (сезонної) частки робіт K_i і інтенсивності втрат від відхилення роботи від агрострока

$$C = K_1 \cdot k_{1,2_1} = K_2 \cdot k_{1,2_2} = \dots = K_n \cdot k_{1,2_n}. \quad (3)$$

Чим більше інтенсивність втрат, тобто $k_{1,2_i}$, тим менше повинна бути частка річного часу – K_i на виконання відповідної роботи для того, щоб зменшилися сумарні втрати. І навпаки.

У цьому зв'язку становить інтерес оптимізувати K_i , що забезпечує одержання додаткового техніко-економічного ефекту.

У розвиток наведеної методики нижче дана розгорнута формула витрат на проведення сільськогосподарських робіт з обліком тривалості робіт усього МТП

$$\begin{aligned} Z_{ije} = & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^E \left\{ \frac{F_{ije}}{n \cdot m \cdot N_{ije} \cdot (K_T + K_C + K_M) \cdot \eta_c} \left[n \cdot m \cdot (Z_{i\Pi} + \Delta Z_i) \cdot (1 + K_C) \cdot (F_{ije} \cdot q_{iTeT} \cdot U_T) \right] \right\} + \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E \left\{ \frac{K_{ieT} \cdot (A_{AT} + A_{KT})}{T_{Ke}} + P_T + \frac{K_{ieC} \cdot (A_{AC} + A_{KC})}{T_{Ke}} + P_C + \frac{Z_{III}}{T_{Ke}} \right\} + \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E \left[0,005 \cdot U_{ije} \cdot Y_e \cdot R_e \cdot W_{Cije} \cdot k_{1,2e} \cdot (1 + D) \cdot (T_{Ke} - T_A)^Y \right] \quad (4) \end{aligned}$$

де F_{ije} – обсяг i -ї роботи j -мі агрегатами по e -ї культурі (га, т, т·км);

n – кількість агрегатів (машин);

m – кількість змін у добі;

N_{ije} – змінна (добова) норма виробітку (га/зміну, км/добу);

η_c – коефіцієнт використання часу зміни;

K_m – коефіцієнт простою через поточний ремонт трактора (комбайна);

K_c – коефіцієнт простою через поточний ремонт сільгоспмашини;

K_M – коефіцієнт простою по метеоумова;

$Z_{i\Pi}$ – тариф основної заробітної плати механізаторів агрегату, грн./зміну;

ΔZ_i – додаткова заробітна плата, грн./зміну;

K_3 – частка відрахувань на соцстрах;

q_{imea} – витрата палива (л/га, л/т, л/км);

C_m – ціна палива, грн./л;

$K_{iet, (C)}$ – частка річної або сезонної тривалості i -ї роботи трактора (сільгоспмашини) при вирощуванні e -ї культури;

$A_{OT(oc)}$ – річні або сезонні амортизаційні відрахування на трактор (сільгоспмашину), грн.;

$A_{T(3)}$ – річна або сезонна кредитна (лізингова) ставка трактора (сільгоспмашини), грн.;

$Pm(c)$ – річні (сезонні) відрахування на ремонт трактора (сільгоспмашини), грн.;

T_{ke} – фактичний строк виконання i -ї роботи при вирощуванні e -ї культури, діб;

Індекси Z_{Pi} , C_e , B , R , W_{Cije} , $k_{l, 2ie}$, T_A , γ наведені при описі формул (1) і (2).

З урахуванням формули (4) представляється можливим модифікувати вираження (3) шляхом множення величини $k_{l, 2ie}$ на показник у вигляді ціни, прибутку, або рентабельності при вирощуванні сільськогосподарської культури. Наприклад, при застосуванні ціни

$$\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E K_i = A \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E 1 / C_i \cdot k_i = 1. \quad (5)$$

де C_e – закупівельна ціна вирощеної e -ї сільськогосподарської культури.

Аналізуючи вираження (5), можна помітити, що чим більше закупівельна ціна й інтенсивність втрат сільськогосподарської культури, тим менше сезонна частка часу виконання відповідної операції. У цьому випадку представляється можливим зрівняти інтенсивність втрат з обліком всіх закупівельних цін вирощуваних сільськогосподарських культур, тим самим диференціювати загальні втрати зі зменшенням їхньої величини.

Урахуємо показник A , що забезпечує рівність втрат різних сільськогосподарських культур по втратах у зв'язку подовженням строку роботи.

Спростимо формулу (4), розглянувши одну роботу. Позначимо перший рядок через заробітну плату – Z_{Pie} і витрати на паливо – Z_{Tie} . Перший і другий доданок другого рядка у фігурних дужках

$$\frac{K_{ieT} \cdot (A_{AT} + A_{KT})}{T_{Ke}} + P_T = \frac{A_{Te}}{T_{Ke}} + P_T. \quad (6)$$

Третій і четвертий доданок другого рядка

$$\frac{K_{ieC} \cdot (A_{AC} + A_{KC})}{T_{Ke}} + P_C = \frac{A_{Ce}}{T_{Ke}} + P_C \quad (7)$$

і частина що складає 3-й рядок

$$A_{Пе} = 0,005 \cdot \Pi_{ije} \cdot Y_e \cdot R_e \cdot W_{cije} \cdot (1 + D). \quad (8)$$

Тоді вираження (4) буде мати вигляд

$$3_{ije} = 3_{Пие} + 3_{Тие} + \frac{A_{Те}}{T_{ке}} + \frac{A_{Се}}{T_{ке}} + P_T + P_C + \frac{3_{Пии}}{T_{ке}} + A_{Пе} \cdot k_{1,2e} \cdot (T_{ке} - T_a) \quad (9)$$

Похідна рівняння (9) по $T_{ке}$ при $\gamma = 1$

$$d3_{ije} / dT_{ке} = A_{Пе} \cdot k_{1,2e} - \frac{(A_{Те} + A_{Се} + 3_{Пии})}{T_{ке}^2} \quad (10)$$

Те ж, при $\gamma > 1$

$$d3_{ije} / dT_{ке} = \gamma \cdot A_{Пе} \cdot k_{1,2e} \cdot \sqrt{(T_{ке} - C)} - \frac{(A_{Те} + A_{Се} + 3_{Пии})}{T_{ке}^2} \quad (11)$$

Нарешті, при $\gamma < 1$

$$d3_{ije} / dT_{ке} = \frac{\gamma \cdot A_{Пе} \cdot k_{1,2e}}{\sqrt[10]{(T_{ке} - C)}} - \frac{(A_{Те} + A_{Се} + 3_{Пии})}{T_{ке}^2} \quad (12)$$

Прирівнюючи вирази (10)...(12) нулю, знаходимо оптимальне значення $T_{ке}$. При цьому отримана екстремальна точка, як показав аналіз, буде характеризувати мінімальне значення витрат з урахуванням втрат від пролонгації агростроку.

Зокрема, з урахуванням вираження (1) при $\gamma = 1$ маємо

$$T_{ije}^{OPT} = \left[\frac{K_{ieT} \cdot (Q_{AT} + A_{КТ}) + K_{ieC} \cdot (Q_{AC} + A_{КС}) + 3_{Пии}}{0,005 \cdot \Pi_{ije} \cdot Y_e \cdot R_e \cdot W_{cije} \cdot k_{1,2e} \cdot (1 + D)} \right]^{0,5} \quad (13)$$

Визначення оптимальної тривалості i -ї роботи у випадку γ більше й менше одиниці здійснюється у зв'язку із труднощами визначення цього показника аналітичним шляхом за допомогою комп'ютерної програми.

Аналізуючи вираження (13) дійдемо висновку, що члени K_{ieT} й K_{ieC} мають різну річну або сезонну частку виробітку, але однакову тривалість певної роботи в складі машинно-тракторного агрегату. У них спостерігається двоїстий характер стосовно розв'язуваного завдання. Таку подвійність можна врахувати в такий спосіб. По кожному агрегаті в цілому, розглядаючи його як окрему машину, визначають по ньому, поряд з іншими агрегатами, оптимальну річну або сезонну частку роботи. Потім за критерієм мінімуму витрат підраховують оптимальне значення T_{ije}^{OPT} , у формулі якого враховуємо K_{ieT} й K_{ieC} , поряд із втратами від пролонгації агростроку згідно (13).

Таким чином, у рішенні завдання послідовно враховуються два критерії. Спочатку критерій оптимізації річної або сезонної частки агрегатів – A відповідно до вираження (5), а потім критерій оптимізації

тривалості роботи з агрегатів з обліком першого критерію протягом сезону або року роботи.

З метою зменшення обсягу робіт, важливо звести розширене розглянуте завдання до вже вирішеного, використавши розроблену комп'ютерну програму [2].

Оптимальне значення K_{ije}^{OPT} знаходимо на основі добутку річних (сезонних) часток робіт агрегатів, цін сільськогосподарських культур і інтенсивності їхніх втрат відповідно до вираження (5)

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E K_{ie}}{\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E 1 / C_i \cdot k_i}. \quad (14)$$

де K_{ie} – сезонна частка i -ї роботи при вирощуванні e -ї культури;

n – число виконуваних польових робіт;

E – число вирощуваних культур;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$; $e = 1, 2, 3, \dots, E$.

Чисельник виразу (14) характеризує суму всіх сезонних (річних) часток робіт МТА, виконуваних по сільськогосподарських культурах. Стосовно до сезону або року робіт значення суми складе 1. Однак у першому випадку необхідно витрати в круглих дужках чисельника виразів (10), (11) і (12) помножити на відношення сезонного виробітку до річного по трактору, сільгоспмашині й постійним витратам $З_{ПИ}$.

Знаменник виразу (14) характеризує добуток ціни сільськогосподарських культур на інтенсивність втрат.

Розглянемо приклад. Визначимо частку часу роботи машинно-тракторних агрегатів МТС у весняний період з урахуванням операцій згідно таблиці 1. Величину $\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E K_{ie}$ у цьому періоді приймаємо рівною 1. Відношення сезонного виробітку до річного становить по тракторах і величині $З_{ПИ} = 0,25$, по сільгоспмашинах – 0,4.

Відповідно до виразу (14) знаходимо величину критерію A , використовуючи (табл. 2) $A = 1,2$.

З виразу (14) при відомому критерії A визначаємо сезонні частки кожної i -ї роботи з e -ї культури (табл. 2) – по формулі

$$K_i = A / C_i \cdot k_i. \quad (15)$$

Отриманий результат у таблиці 2 характеризує правильність розрахунку часток сумарного сезонного виробітку по всіх роботах сільськогосподарських культур, рівній одиниці.

Неважко помітити, зі збільшенням ціни й інтенсивності втрат сільськогосподарської культури зменшується сезонна частка відповідної роботи, тобто зменшується відхилення від агростроку, а значить і втрати від цього відхилення.

У таблиці 3 наведені результати оптимізації тривалості робіт із чотирьох культур при виконанні трьох операцій протягом сезону. З таблиці видно, що при дефіциті машин, зокрема тракторів, оптимальна тривалість роботи змінюється в значних межах: від 4,9 до 9,7 доби при агростроку 4 доби. У середньому одна операція займає 6,76 доби, тобто тривалість операції збільшується за даних умов в 1,69 рази.

Таблиця 1

Ціни, інтенсивність втрат і їхнього добутку по трьом основним культурам при роботі МТА після агростроку у весняний період

Сільськогосподарські культури	1. Ярова пшениця	2. Ячмінь	3. Соняшник
Ціна, грн./т	5330	5200	10500
Інтенсивність втрат при виконанні роботи:			
Культивація з боронуванням	0,004	0,004	0,004
Передпосівна культивація	0,005	0,005	0,005
Посів	0,0052	0,0052	0,014
Величина $C_e \cdot k_{1,2ie}$:			
Культивація з боронуванням	21,32	21,32	21,32
Передпосівна культивація	26,65	26,65	26,65
Посів	27,72	27,72	74,62
Разом	75,69	75,69	122,59

Таблиця 2

Оптимальна річна частка робіт з сільгоспкультурами

Роботи	Річна частка (виробіток) роботи з культур, K_{ie}^{OPT}		
	1. Ярова пшениця	2. Ячмінь	3. Соняшник
1. Культивація з боронуванням	0,1002506	0,0859291	0,0626566
2. Передпосівна культивація	0,0802005	0,0687433	0,0501253
3. Посів	0,0771159	0,0660993	0,0179019
Разом	0,2575670	0,2207717	0,1306838
Усього $\sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^E K_{ie} = 1,0$			

Для практичного застосування методики визначення оптимальної тривалості робіт МТП господарств при дефіциті техніки рекомендується така послідовність:

- 1) аналіз технології вирощування запланованих сільгоспкультур;
- 2) складання проекту графіка використання МТА в певному сезоні з

- обліком агростроків;
- 3) виявлення робіт, строки виконання яких перевищують агростроки;
 - 4) визначення відношення середнього сезонного виробітку до річного по тракторах, величині $Z_{\text{ПШ}}$ й сільгоспмашинам по роботах, фактичні строки виконання яких перевищують агростроки;
 - 5) визначення величин C_e й K_{2ie} по кожній культурі й виявлених роботах, а також їхнього добутку згідно таблиці 1;
 - 6) установлення першого критерію – A по формулі (14);
 - 7) визначення оптимальних часток тривалості робіт з кожної сільськогосподарської культури й роботі з формули (15) згідно таблиці 2;
 - 8) визначення оптимальної тривалості робіт МТП, використовуючи комп'ютерну програму [2] або при показнику ступеня $\gamma=1$ формулу (1);
 - 9) коректування графіка використання МТА в певному сезоні з обліком знайденої оптимальної тривалості робіт з економічного критерію.

Таблиця 3

Оптимальна тривалість роботи МТА

Показники	Од. вим.	Сільськогосподарська культура					
		Озима пшениця			Ячмінь		
		Культивація з боронуванням	Передпосівна культивація	Посів	Культивація з боронуванням	Передпосівна культивація	Посів
Тривалість роботи	діб	7,3	5,7	6,1	6,7	5,2	5,7
Зменшення числа МТА	разів	1,82	1,42	1,52	1,67	1,3	1,42
Економічний ефект	грн./добу	228,20	27,87	116,79	163,51	13,62	81,90
Витрати	грн./добу	12785,71	2076,05	36114,57	12762,57	2153,89	36103,73

Показники	Од. вим.	Сільськогосподарська культура					
		Соняшник			Овес		
Тривалість роботи	діб	7,7	6,9	4,9	9,7	7,3	8,0
Зменшення числа МТА	разів	1,92	1,72	1,22	2,43	1,82	2,0
Економічний ефект	грн./добу	57,41	35,26	2,37	537,29	88,92	357,24
Витрати	грн./	3502,17	2932,54	1114,00	12871,53	2109,82	36220,24

	добу						
--	------	--	--	--	--	--	--

Цікаві дані спостерігаються при значній різниці інтенсивності втрат. Наприклад, частка втрат протягом доби за агростроком при посіві соняшника становить 0,014, що в середньому в 2,72 рази більше ніж в інших культур. У цьому випадку розрахунковий строк посіву, рівний 4,9 доби, при дефіциті техніки наближається до агростроку.

Висновки.

1. Встановлено, що для проведення розрахунків оптимальної тривалості робіт необхідно враховувати поточну ціну вирощуваної культури, інтенсивність втрат від продовження агростроку та вартість придбання нової техніки.

2. В результаті розрахунків за розробленою методикою бачимо, втрати від збільшення агростроків в 1,69 разів для основних операцій по передпосівній обробці ґрунту та сівбі не перевищують втрат в разі придбання техніки.

3. Запропонований метод компенсації дефіциту техніки також може знайти своє відображення в роботі машинобудівників – це допомога селянам в підтриманні машин в працездатному стані, що в свою чергу дасть ефект всім учасникам виробництва.

Література

1. *Прибытков П. Ф.* Безотказность уборочных агрегатов и комплексов / *П. Ф. Прибытков, В. Ф. Скробач.* – Л.: Агропромиздат, 1987. – 207 с.

2. *Болтянский В. М.* Метод визначення оптимального терміну збирання зернових / *В. М. Болтянский, Б. В. Мітков та ін.* // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – Вип. 5, т. 1. – С. 75-82.

3. *Мовчан В. Ф.* Метод визначення кількості засобів механізації для сучасних сільськогосподарських підприємств / *В. Ф. Мовчан, Б. В. Болтянский, Є. І. Ігнат'єв* // Праці ТДАТУ, 2014. – Вип. 14, т. 3. – С. 164-174.

4. *Новиков Ю. Ф.* ХХІ – стать или не быть / *Ю. Ф. Новиков.* – Запорожье: ЗГУ, 1999. – 695 с.

5. *Погорель Л. В.* Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники / *Л. В. Погорель, В. Г. Бильский, Н. П. Кононенко.* – К.: Урожай, 1989. – 238 с.

6. *Иофинов С. А.* Эксплуатация машинно-тракторного парка / *С. А. Иофинов, Г. П. Лышко.* – М.: Колос, 1984. – 351 с.

7. *Пугачов А. Е.* Продолжительность уборки и потери зерна / *А. Е. Пугачов* // Зерновое хозяйство. – 1981. – №6. – С. 10-11.

8. *Ігнат'єв Є. І.* Визначення оптимальної тривалості збирання зернових / *Є. І. Ігнат'єв* // Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матеріали міжнар. наук.-практич. конф. – 14-25 квітня 2016. –

Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – С. 97-98.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ДЕФИЦИТА

Мовчан В. Ф., Леженкин А. Н., Игнатьев Е. И.

Аннотация – в работе проанализированы основные факторы, которые влияют на стоимость проведения сельскохозяйственных работ с учетом продолжительности работ всего МТП. Исходя из этих факторов предложена методика нахождения оптимальной продолжительности работ и количества потребной техники в условиях ее дефицита. Проведены расчеты, которые показали, что потери от увеличения агросроков в 1,69 раз для основных операций по предпосевной обработке почвы и посева не превышают потерь в случае приобретения техники.

METHOD OF DETERMINATION OF MACHINERY QUANTITY UNDER CONDITIONS OF THEIR DEFICITE

V. Movchan, O. Lezjenkin, E. Ihnatiev

Summary

The paper analyzes the main factors that influence on the cost of agricultural work taking into account the work duration of entire machine and tractor park. Proceeding from these factors, a method is proposed for finding the optimal duration of work and amount of equipment required in deficiency conditions. Calculations have been carried out which showed that the losses from increasing the agrotechnical terms by 1,69 times for the main operations for presowing tillage and sowing do not exceed the losses in the case of the purchase of equipment.

УДК 163.311:63

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З АКТИВАТОРАМИ РОЗПУШУВАННЯ

Серий І. О., аспірант*,

Кушнар'ов А. С., д.т.н.,

Серий І. С., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-20-74, e-mail: tsapk@tsatu.edu.ua

Анотація – у статті за результатами багатофакторного експерименту отримані залежності факторів, що досліджуються від параметрів оптимізації, а також наведені відповідні поверхні відгуку. Визначені оптимальні параметри нового робочого органу з активаторами розпушення. Наведено аналіз порівняльних випробувань серійного та модернізованого робочого органу. Перевірена дійсність висунутої робочої гіпотези.

Ключові слова – безвідвальний обробіток ґрунту, якість обробітку, енерговитрати, активатори розпушення, багатофакторний експеримент.

Постановка проблеми. Сьогодні наука розглядає ґрунтову родючість як чинник регулювання. Регулювання це здійснюється за допомогою обробітку ґрунту різноманітними механічними знаряддями.

Структура ґрунту є чинником регулювання фізичних умов впливу її на рослини опосередкований, зворотнє справедливо для щільності, яка безпосередньо впливає на зростання та розвиток сільськогосподарських культур, що вирощуються.

Щільність ґрунту – це інтегральний показник його стану, що включає як умови розвитку ґрунтової біоти, так і умови розвитку кореневої системи культур, що вирощуються.

Мета обробітку ґрунту – хоча б на час вегетації змінити рівноважну щільність ґрунту, наблизивши її до значення оптимальної щільності для кожної з сільськогосподарських культур, що вирощуються.

В умовах інтенсивного землеробства на розораних та деґуміфі-

кованих чорноземних ґрунтах рекомендується систематичне застосування безвідвального обробітку ґрунту. Такий обробіток в порівнянні з відвальною оранкою здатен забезпечити збільшення кількості гумусу, особливо в орному шарі.

В ґрунтово-кліматичних умовах степової зони України найбільш раціональним та науково обґрунтованим є саме безвідвальний обробіток ґрунту. Але існуючі технології та робочі органи для виконання безвідвального обробітку не в повній мірі задовольняють агротехнічним вимогам.

За результатами попередніх досліджень найбільш перспективним напрямом вдосконалення безвідвальних робочих органів є застосування додаткових елементів, що кришать та розпушують ґрунт, підрізаючи смітну рослинність [1]. Чисельні дослідники пропонували додаткові елементи до серійних робочих органів, вони зазвичай виконували своє безпосереднє призначення, та покращували якість розпушення ґрунту.

Однак, вони збільшували тяговий опір, та як наслідок витрати паливо-мастильних матеріалів, а отже й загальну вартість обробітку ґрунту. Пояснюється це тим, що зазначені конструкції створюють у ґрунті деформації стиснення. Варто відзначити, що ґрунт має межу міцності у 3-10 разів нижчу при деформаціях розтягу та вигину, ніж при деформаціях стискання.

Таким чином маємо завдання розробки додаткових елементів відповідно до робочої гіпотези. Робоча гіпотеза: зниження енерговитрат та підвищення якості кришення ґрунту, а також формування необхідного структурного складу ґрунту можливо досягти шляхом створення робочим органом з додатковими елементами комбінованих деформацій розтягу, вигину та крутіння, замість деформацій стиснення, за рахунок сил інерції, через різницю прискорень на зубі та на лемеші.

Мета дослідження. На підставі багатофакторного експерименту отримати залежності параметрів оптимізації від факторів, що досліджуються. Перевірити адекватність отриманих рівнянь регресії, та отримати відповідні поверхні відгуку для параметрів оптимізації. Визначити оптимальні параметри нового робочого органу з активаторами розпушування. Провести аналіз порівняльних випробувань серійного та модернізованого робочого органу. Перевірити дійсність висунутої робочої гіпотези.

Викладення основного матеріалу. Відповідно до зазначеної гіпотези нами були розроблені робочі органи з різними формами поверхні активаторів-розпушувачів, передбачені також різні розміри розпушувачів та різні відстані між ними, фото представлено на рисунку 1.



Рис. 1. Робочі органи з різними формами поверхні активаторів-розпушувачів

З метою задоволення положень, викладених у робочій гіпотезі поверхні активаторів розпушування виконані криволінійними у вигляді частини квадратичної параболи. Причому у поверхнях активаторів закладені різні величини прискорень, які в подальшому будуть передані зрізаному лемешем шару ґрунту, що оброблюється. Розрахунок проводився у програмі Mathcad Prime 2.0, скріншот якої представлений на рисунку 2.

$n_1 := 1$				
$g := 9.82 \cdot 100 = 982$		$h_1 := 3$	$h_2 := 4$	$h_3 := 5$
$k_1 := n_1 \cdot g$				
$v_x := \frac{7.2}{3.6} \cdot 100 = 200$				
$x := 0..25$	$y(x) := \frac{k_1 x^2}{2 v_x^2}$			
		$h := y$	$B := 0..10.5$	
	$H := x$	$H_1 := 15.6$	$H_2 := 18$	$H_3 := 20.2$

Рис. 2. Приклад розрахунку поверхні активатора розпушування у програмі Mathcad Prime 2.0

де n – задана величина прискорення;

g – прискорення вільного падіння м/с²;

k – інтенсивність впливу м/с²;

V – швидкість обробітку, м/с;

h – висота активатора мм;

H – довжина активатора, мм.

Після аналізу технологічного процесу обробітку ґрунту новим робочим органом із активаторами розпушування, визначено, що факторів, які впливають на оптимальні параметри процесу досить багато. Внаслідок чого, для отримання максимуму інформації прийнято рі-

шення щодо проведення багатофакторного експерименту. При плануванні багатофакторного експерименту враховувались наступні методи [2, 3].

Для планування багатофакторного експерименту необхідно визначитися з параметрами його оптимізації.

За перший параметр оптимізації багатофакторного експерименту прийнято тяговий опір експериментального робочого органу із активаторами розпушування R_x , кН (Y_{Rx}).

Ступінь кришення ґрунту при здійсненні обробітку ґрунту багато в чому визначає швидкість та одночасність проростання рослин, життєдіяльність ґрунтової мікрофлори та подальше функціонування системи «вода – ґрунт – рослина». Більшість важливих для зростання та розвитку рослин параметрів ґрунту безпосередньо залежать від ступеня кришення ґрунту. Ступінь кришення ґрунту k , % (Y_k), є одним з найбільш суттєвих показників при виконанні безвідвального обробітку ґрунту, внаслідок чого цей показник обраний за другий параметр оптимізації багатофакторного експерименту.

Також з метою більш глибокого дослідження якісних показників процесу обробітку ґрунту новим робочим органом із активаторами розпушування досліджувались ще два додаткових параметра оптимізації: брилистість B , % (Y_B) та пилюватість Π , % (Y_Π) ґрунту.

Базуючись на теоретичних положеннях та на дослідженнях ряду вчених, в якості варійованих факторів, що здійснюють найбільший вплив на параметри оптимізації, прийняті наступні конструктивні параметри робочого органу:

h – висота активаторів, мм (X_1);

p – задана величина прискорення поверхні активаторів (X_2);

B – відстань між активаторами, мм (X_3).

У ході проведення багатофакторного експерименту були отримані результати, які встановлюють залежності головних (тяговий опір робочого органу з активаторами розпушування Y_{Rx} , ступінь кришення ґрунту Y_k) та додаткових (брилистість Y_B та пилюватість Y_Π ґрунту) параметрів оптимізації від трьох чинників: висота активаторів X_1 , задана величина прискорення поверхні активаторів X_2 , відстань між активаторами X_3 .

Визначення залежностей головних та додаткових параметрів оптимізації від трьох означених чинників відбувалося з постійною швидкістю $V = 7,2$ км/год., глибину варіювали у межах мілкого $h_1 = 15$ см (а), та глибокого $h_2 = 30$ см (б) безвідвального обробітку ґрунту.

Експеримент проведено рандомізовано за часом, тобто в випадковій послідовності для виключення впливу систематичних помилок,

викликаних зовнішніми факторами. Досліди проводилися у чотирикратьній повторюваності, середнє значення обчислювалось та заносилось до таблиці 1.

На рисунку 3 наведено загальний вигляд експериментальної установки у складі з новим робочим органом із активаторами-розпушувачами.



Рис. 3. Загальний вигляд експериментального робочого органу з активаторами розпушування: 1 – плоскоріз КПГ – 2-150; 2 – експериментальний робочий орган; 3 – активатори розпушування; 4 – паралелограмний механізм; 5 – тензоланка

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень

№ досліду	Кодовані позначення факторів				Натуральні позначення факторів				Дійсне значення параметрів оптимізації							
									Глибина обробітку $h_1 - 15$ см (а)				Глибина обробітку $h_2 - 30$ см (б)			
	X_0	X_1	X_2	X_3	h	n	b		Y_{Rx1}	Y_{k1}	Y_{b1}	$Y_{П1}$	Y_{Rx2}	Y_{k2}	Y_{b2}	$Y_{П2}$
1	+1	+1	+1	0	50	3	90		1440	88,6	11,4	36,3	1510	91,5	8,5	20,2
2	+1	+1	-1	0	50	1	90		1560	93,3	6,7	34,7	1680	89,3	10,7	26
3	+1	-1	+1	0	30	3	90		1190	95,4	4,6	21,6	1350	93,8	6,2	26,9
4	+1	-1	-1	0	30	1	90		1290	90,6	9,4	7,5	1340	77,3	22,7	27,3
5	+1	0	0	0	40	2	90		1300	90	10	27,3	1400	90,4	9,6	22,8
6	+1	+1	0	+1	50	2	105		1270	78,4	21,6	3,8	1330	84,4	15,6	26
7	+1	+1	0	-1	50	2	75		1100	95,7	4,3	18,3	1370	87,7	12,3	1,7
8	+1	-1	0	+1	30	2	105		850	83,1	16,9	39,2	930	78,8	21,2	17,6
9	+1	-1	0	-1	30	2	75		1450	88,7	11,3	33,3	1540	93,6	6,4	35,8
10	+1	0	0	0	40	2	90		1300	90	10	27,3	1400	90,4	9,6	22,8
11	+1	0	+1	+1	40	3	105		1260	91,8	8,2	42,6	1290	87,7	12,3	32,9
12	+1	0	+1	-1	40	3	75		1170	96,4	3,6	46,7	1245	95,2	4,8	15,2
13	+1	0	-1	+1	40	1	105		1050	93,5	6,5	15,3	1190	80,2	19,8	5,10
14	+1	0	-1	-1	40	1	75		1310	90,7	9,3	35,6	1400	96,5	3,5	17,6
15	+1	0	0	0	40	2	90		1300	90	10	27,3	1400	90,4	9,6	22,8

Коефіцієнти регресії для двох головних та двох додаткових параметрів оптимізації були обчислені у програмі Statistica 10. В зазначеній програмі коефіцієнти регресії були перевірені за критерієм Стюдента, а рівняння – за критерієм Фішера [4]. Коефіцієнти регресії, в яких статистична ймовірність p (рівень значущості або вірогідність помилки) для факторів, а також для їх взаємодій більше обраного рівня значущості, є статистично незначущими, та як наслідок, з рівнянь вилучені [4]. Перевірка адекватності отриманих регресійних моделей за допомогою F -критерію Фішера виявила, що всі отримані моделі адекватні.

На підставі регресійного аналізу для параметру оптимізації Y_k (рис. 3 а, б) можна скласти наступні рівняння регресії у канонічному вигляді, вони описують залежність якості кришення ґрунту від факторів

$$\text{а) } Y_k = 90,52 - 3,09 \cdot X_3 - 2,38 \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,93 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,16 \cdot X_1^2 - 2,15 \cdot X_2^2. \quad (1)$$

Із рівняння 1 вилучені наступні коефіцієнти регресії: b_1 , b_2 , b_{13} , b_{33} так як за результатами регресійного аналізу вони виявились статистично незначущими

$$\text{б) } Y_k = 88,00 + 3,11 \cdot X_2 + 5,24 \cdot X_3 - 3,58 \cdot X_1 \cdot X_2 + 2,88 \cdot X_2 \cdot X_3 + 2,20 \cdot X_1 \cdot X_3 + 1,55 \cdot X_1^2. \quad (2)$$

За результатами розрахунків рівнянь регресії будуємо поверхні відгуку параметру оптимізації Y_k від факторів (рис. 4-6).

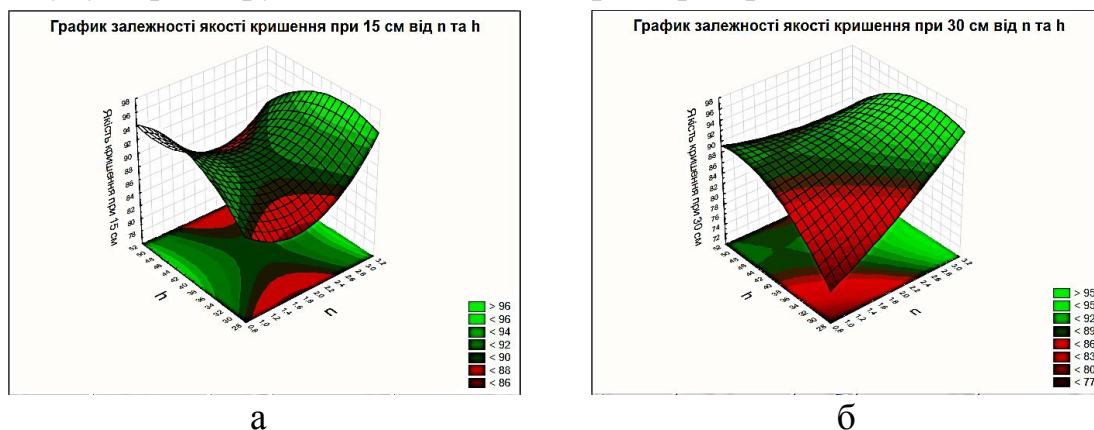


Рис. 4. Поверхні відгуку параметра оптимізації Y_k (%) від факторів X_1 (висота активаторів h , мм) та X_2 (задана величина прискорення поверхні активаторів n)

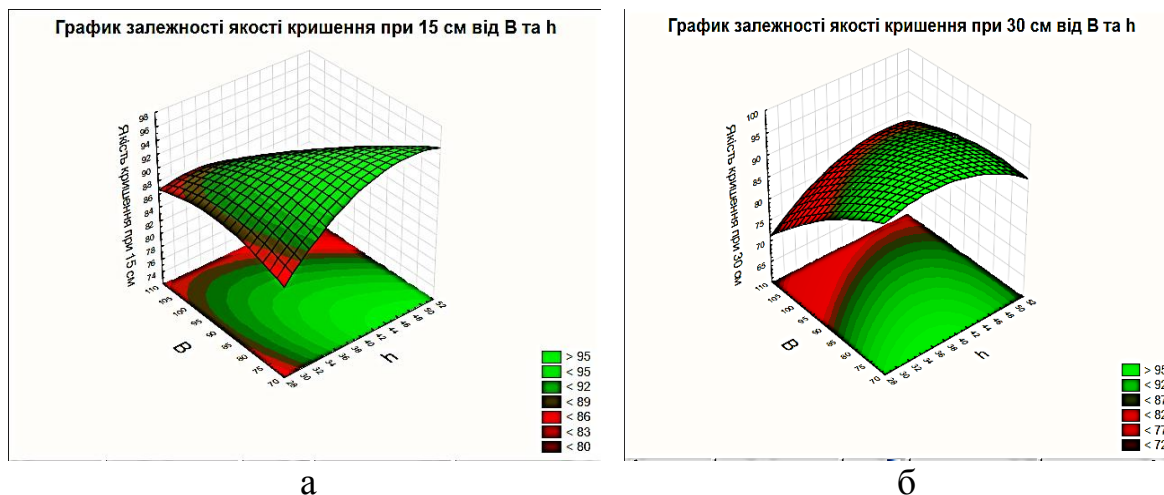


Рис. 5. Поверхні відгуку параметра оптимізації Y_k (%) від факторів X_1 (висота активаторів h , мм) та X_3 (відстань між активаторами B , мм)

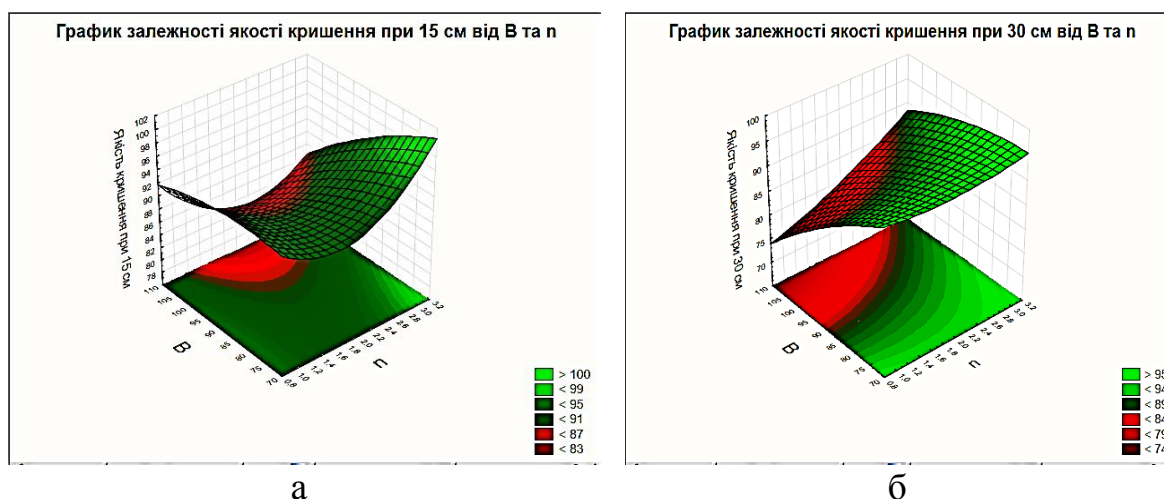


Рис. 6. Поверхні відгуку параметра оптимізації Y_k (%) від факторів X_2 (задана величина прискорення поверхні активаторів n) та X_3 (відстань між активаторами B , мм)

Аналогічні розрахунки були проведені для всіх параметрів оптимізації, отримані результати в повному обсязі представлені в дисертаційній роботі.

Далі проводили оптимізацію факторів за критерієм Y_{Rxa} – тобто за тяговим опором робочого органу при здійсненні мілкового безвідвального обробітку на глибину 15 см. Для цього необхідно диференціювати відповідне рівняння регресії за кожною із змінних та прирівняти похідні нулю. Далі знаходимо координати центру відгуку: в кодованих значеннях $X_1=-0,80$; $X_2=0,10$; $X_3=0,90$, що відповідає в дійсних значеннях: $h=32$ мм; $n=2,1$; $B=103,45$ мм. Отримані значення округлюємо до найближчих існуючих у матеріальному вигляді параметрів ак-

тиваторів розпушування, тобто $h=30$ мм; $n=2$; $B=105$ мм – ці значення і є оптимальними у випадку що розглядається.

Знайдені значення підставляємо у вихідне рівняння 3 та знаходимо значення параметра в центрі поверхні відгуку. Значення оптимальної величини тягового опору робочого органу при мілкому безвідвальну обробітку ґрунту дорівнює $Y_{Rxa}=850$ Н.

$$Y_{Rxa} = 1245 + 73,75 \cdot X_1 - 75 \cdot X_3 + 192,50 \cdot X_2 \cdot X_3 + 87,50 \cdot X_1 \cdot X_3 + 20 \cdot X_1^2 + 50 \cdot X_2^2 - 152,50 \cdot X_3^2. \quad (3)$$

Аналогічні обчислення проведені для параметрів: Y_{Rx6} при глибокому безвідвальному обробітку ґрунту, а також для $Y_{ka,6}$ при мілкому та глибокому безвідвальному обробітку ґрунту.

За критерієм тяговий опір R_x маємо однакові оптимальні параметри робочого органу при виконанні мілкого та глибокого безвідвального обробітку ґрунту: $h=30$ мм; $n=2$; $B=105$ мм. А у випадку якості кришення k оптимальні параметри робочого органу для виконання мілкого та глибокого безвідвального обробітку ґрунту відрізняються за фактором n (задана величина прискорення поверхні активаторів), таким чином маємо: $h=40$ мм; $n=2$ (а) чи 3(б) відповідно; $B=75$ мм.

Серійний та оптимальний варіанти модернізованого робочого органу порівнювались за наступними показниками: тяговий опір; якість обробітку ґрунту – ступінь кришення, брилистість та пилюватість ґрунту; збереження стерні при виконанні обробітку стерньових фонів; підрізання бур'янів – на глибині обробітку, та на глибині проходження активаторів; висота гребенів; продуктивність, витрати палива, розриви між суміжними проходами знарядь, приховані огріхи та необроблені смуги. Розраховано економічний ефект від використання оптимального варіанту нового робочого органу з активатором розпушування. Отримані результати приведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняльні показники обробітку ґрунту серійним та оптимальним варіантами модернізованого робочого органу

Показники	Мілкий обробіток 15 см			Глибокий обробіток 30 см		
	Серійний	Модернізований (оптимальний)	Зміна показників	Серійний	Модернізований (оптимальний)	Зміна показників
1	2	3	4	5	6	7
Тяговий опір, R_x , Н	980	850	-145	1190	930	-284,5
Висота гребенів, В, см	2,5	3,5	+1	3,9	5	+1,1
Ступінь кришення ґрунту, k , %	71,3	96,4	+25,1	80,5	97,1	+16,6

Продовж. табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Брилистість ґрунту, Б, %	28,7	3,6	-25,1	19,5	2,9	-16,6
Пилуватість ґрунту, П, %	15,2	5,3	-9,9	9,7	3,3	-6,4
Ступінь збереження стерні, С, %	85	85,3	-1,7	85	91	+6
Підрізання смітної рослинності, %						
На всій глибині обробітку ґрунту	90	96,7	+6,7	90	95,8	+5,8
На глибині ходу розпушувачів	–	96	+96	–	94,6	+94,6
Продуктивність, га/год	6,3	6,1	+0,2	6,2	6	+0,2
Витрати палива, л/га	12,4	13,7	+1,3	13,1	14,8	+1,7
Економічний ефект, грн/га	–	26,13	+26,13	–	34,54	+34,54
Приховані огріхи та необроблені смуги	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні

Висновки. Експериментальні випробування, проведені на підставі багатофакторного експерименту, підтвердили положення робочої гіпотези. При виконанні обробітку ґрунту оптимальним варіантом модернізованого робочого органу отримано у порівнянні з серійним робочим органом:

1. Значне зниження тягового опору – з 980 до 850 Н, що складає майже 15% при виконанні мілкового безвідвального обробітку, та з 1190 до 930 Н, що складає майже 24% при виконанні глибокого безвідвального обробітку ґрунту.

2. Показники якості розпушення ґрунту при виконанні мілкового обробітку у серійного – 71,3%, у модернізованого – 96,4%, тобто на 25,1% краще. У разі глибокого обробітку ґрунту: у серійного – 80,5%, у модернізованого – 97,1%, тобто на 16,6% краще.

3. Аналогічна ситуація з показниками брилистості та пилуватості ґрунту, маємо більш кращі показники у модернізованого робочого органу – на 25,1% та 16,6% у разі мілкового обробітку; на 6,4% та 9,9% у разі глибокого обробітку ґрунту.

4. За результатами техніко-економічного аналізу ефективності використання нового робочого органу з активаторами-розпушувачами отримано:

а) У разі мілкового безвідвального обробітку ґрунту за рахунок збільшення експлуатаційної продуктивності МТА з новим робочим органом з 6,1 га/год до 6,3 га/год, та зменшенню витрат палива з 13,7 л/га до 12,4 л/га отримано економічний ефект у 26,13 грн/га на кожному гектарі оброблюваної площі.

б) У разі глибокого безвідвального обробітку ґрунту за рахунок

збільшення експлуатаційної продуктивності МТА з новим робочим органом з 6 га/год до 6,2 га/год та зменшенню витрат палива з 14,8 л/га до 13,1 л/га, отримано економічний ефект у 34,54 грн/га на кожному гектарі оброблюваної площі.

Література

1. Серий І. О. Передумови основної обробки ґрунту шляхом створення деформацій розтягування-вигину та зсуву / І. О. Серий, В. П. Кувачов // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Херсон, 2016. – №4 (274). – С. 171-182.
2. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента / Ю. П. Адлер, Е. В. Макарова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1986. – 254 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов опыта и исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Джонсон Н. Статистика и планирования эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. з англ. – М.: Мир, 1981. – 371 с.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С АКТИВАТОРОМ РЫХЛЕНИЯ

Серый И. А., Кушнарев А. С., Серый И. С.

Аннотация – в статье по результатам многофакторного эксперимента получены зависимости факторов, которые исследуются по параметрам оптимизации, а также приведены соответствующие поверхности отклика. Определены оптимальные параметры нового рабочего органа по активаторам рыхления. Приведен анализ сравнительных испытаний серийного и модернизированного рабочего органа. Проверена действительность выдвинутой рабочей гипотезы.

RATIONALE OF CONSTRUCTION PARAMETERS A NEW WORKING FACTOR WITH MILK ACTIVATOR

I. Seryi, A. Kushnarev, I. Seryi

Summary

In the article, based on the results of the multifactorial experiment, we obtain dependences of factors that are investigated by optimization parameters, as well as the corresponding response surfaces. The optimal parameters of the new working body for loosening activators are determined. The analysis of comparative tests of a serial and upgraded working organ is given. The validity of the proposed work hypothesis is checked.

УДК 631.362.3.004.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

Михайлов Е. В., д.т.н.,

Задосная Н. А., инженер,

Чорная Т. С., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-12-65, e-mail: evgenii19508v@gmail.ru

Аннотация – в работе представлены анализ физико-механических свойств, травмирования семян подсолнечника, технические средства и направление повышения эффективности технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника.

Ключевые слова – семена подсолнечника, физико-механические свойства, травмирование семян, технологии послеуборочной обработки.

Постановка проблемы. Технология послеуборочной обработки семян подсолнечника – это сложная функциональная система, которая оказывает многогранное влияние на качество получаемых семян и зависит от его физико-механических свойств. Неудовлетворительное качество семян приводит к существенному снижению урожайности сельскохозяйственной продукции, большому перерасходу посевного материала [1, 2].

На начальном этапе очистки наиболее часто разделение составляющих вороха семян подсолнечника происходит с учетом его природы, засоренности и аэродинамических свойств.

Высокопроизводительные машины предварительной очистки зерна, как правило, используют принцип разделения частиц на решетках и в воздушном потоке [3, 4].

Физико-механические, физико-химические, биологические свойства семян подсолнечника и травмирование его масличного сырья определяют выбор машин и технологию его обработки.

Анализ последних исследований. Анализ технологий очистки вороха семян подсолнечника позволяет сделать вывод, что одним из важных направлений повышения эффективности очистки является снижение потерь при приёме, хранении, выделении полноценных семян и масличных примесей из вороха семян подсолнечника.

Важнейшей составной частью послеуборочной обработки является очистка вороха семян подсолнечника от различных примесей. Использование импортной уборочной техники, выращивание новых сортов подсолнечника оказывают существенное влияние на корректирование известных сведений о свойствах вороха семян подсолнечника.

Изучение физико-механических характеристик компонентов семян основной культуры, сорных и масличных примесей в значительной степени дают основания и предпосылки к проектированию машин, которые обеспечивают выполнение агротехнических требований [5-7].

Одна из таких работ [8] посвящена моделированию процесса сепарирования семян подсолнечника в вертикальном пневматическом канале воздушно-решетной зерноочистительной машины, где решалась специфическая задача определения значений критической скорости фрагментов стеблей, корзинок, обрубленных семян, семян подсолнечника различной толщины при их сходе с решета.

В работе [9] представлено исследование сепаратора, где одной из главных задач исследования ставилось изучение физико-механических свойств и аэродинамических характеристик семян подсолнечника применительно к инерционно-воздушному процессу разделения.

Интерес представляет работа теоретического плана [10], где приведен анализ коэффициентов аэродинамического сопротивления семян, определен поправочный коэффициент, учитывающий форму частиц зернового материала при определении коэффициента сопротивления зерновок.

Много работ [6-8 и др.] посвящено разработке технологий послеуборочной обработки семян подсолнечника, при использовании которых мало внимания уделяется взаимосвязям физико-механических свойств и травмирования семян с показателями качества работы технологических линий, что подтверждает актуальность проблемы.

Цель исследования. Повышение эффективности послеуборочной обработки семян подсолнечника за счет учета изменений его физико-механических свойств, травмирования и эффективного использования технических средств.

Основная часть. Важное значение в процессе послеуборочной обработки семян имеет их геометрическая форма и размеры, плотность, насыпная масса, сыпучесть, прочность оболочки, аэродинамические свойства.

Известны следующие значения физико-механических и аэродинамических свойств семян подсолнечника [1, 2]:

- влажность семян, % – 4,3...9,2;
- относительная плотность семян, г/см^3 – 0,651...0,827;
- насыпная плотность, (натура) г/дм^3 – 330...470;
- абсолютная масса 1000 семян, г – 40...100 ;
- скважистость, % – 42...60;
- критическая скорость, м/с^{-1} – 3,2...8,9;
- коэффициент парусности, м^{-1} – 0,24...0,29.

С повышением влажности абсолютная масса семян подсолнечника увеличивается.

Помимо сортовых особенностей натура существенно зависит от влажности семян, а также от засоренности. Натура снижается с повышением влажности, что может быть объяснено значительным набуханием семян и увеличением по этой причине скважистости семенной массы. С повышением сорности натура также уменьшается.

Натура определяется как показатель качества семян подсолнечника. Проведенные исследования показали взаимосвязь натуры семян с выходом масла, его качеством и другими технологическими свойствами.

Исследования показали, что у подсолнечника массовая и объемная доля лузги относительно ядра существенная, а физическая плотность ее в 5-6 раз ниже физической плотности ядра, и это объясняет то, что увеличение крупности семян и массы 1000 шт. семян приводит к снижению натуры через большую часть лузги в крупных семенах [11].

В последнее время культивируются раннеспелые сортовые и гибридные семена подсолнечника с высокой масличностью. У новых сортов подсолнечника значительно изменился состав ядра семян – изменилось соотношение жировой и нежировой частей ядра, что снижает стойкость семян при хранении. Семена подсолнечника, хотя и стали мельче, однако более масличны и менее лузжисты. Все это повлияло на изменение натуры масличного сырья подсолнечника.

Рассмотрим качество семян подсолнечника по натуре, поступающего на перерабатывающие предприятия Запорожской области (рис. 1).

Качественные характеристики семян подсолнечника по натуре представлены следующими статистическими данными: математическое ожидание составило $m=385 \text{ г/дм}^3$; минимальное и максимальное значения, соответственно – $\min=330 \text{ г/дм}^3$; $\max=426 \text{ г/дм}^3$; коэффициент вариации – $V=22,98\%$.

Полученные числовые характеристики по натуре семян подсолнечника позволяют утверждать, что качество масличного сырья подсолнечника за последние 25-30 лет изменилось (по известным данным

оно находилось в пределах – 330...470г/дм³ [1, 2]). Это внесет изменения в расчет производительностей оборудования, обоснование емкостей отделений временного приема и хранения семян, расчет параметров рабочих органов технологических линий.

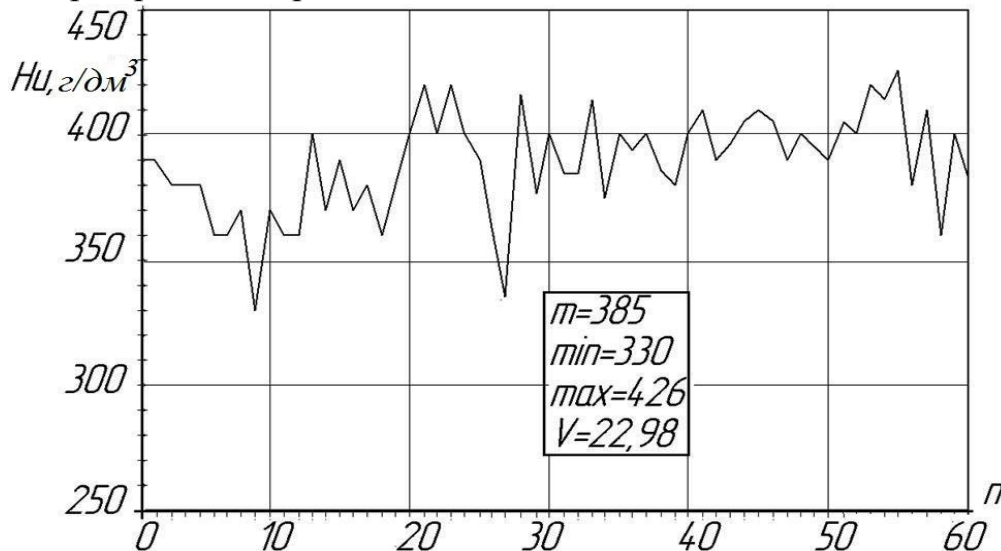


Рис. 1. Качество семян подсолнечника по натуре

В результате проведенных лабораторно-производственных исследований на Мелитопольском маслоэкстракционном заводе были изучены качественные показатели подсолнечника, поступающей из различных областей Украины [12].

Анализируя состав вороха подсолнечника, можно сделать вывод, что математическое ожидание по чистоте исходного материала составляет – 92,8%.

Из анализа общего количества примесей, содержащихся в семенах подсолнечника, масличной примеси в материале – 37,25%, крупной сорной примеси – 25,7%, прохода через сито Ø3мм – 36,5%, легких примесей – 0,55%. Наличие большого количества крупных примесей в сырье требует установку в технологической линии машин предварительной очистки.

На первоначальном этапе очистки наиболее часто разделение составляющих вороха семян подсолнечника происходит с учетом его аэродинамических свойств. Скорость воздуха, при которой семена находятся в устойчивом взвешенном состоянии, зависит от абсолютной массы, размеров семян и находится в пределах 3,2...8,9 мс⁻¹ [1, 2]. Однако свойства семян подсолнечника за последние 25-30 лет изменились и математическое ожидание критической скорости витания по нашим данным находится в пределах 4,124 – 6,659 мс⁻¹ (рис. 2).

Это требует корректировки расчетов по обоснованию расхода воздуха, рабочего давления в сети и энергоемкости технических средств.

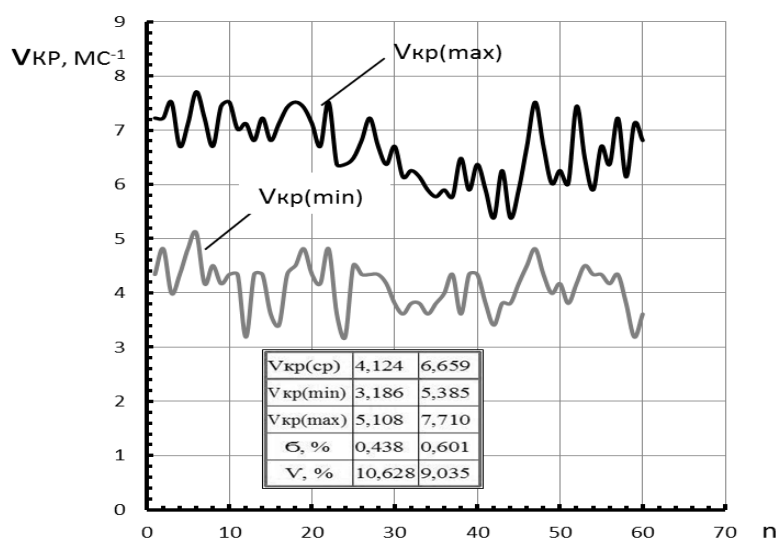


Рис. 2. Статистические характеристики скоростей витания полноценных семян подсолнечника

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что семена подсолнечника как объект послеуборочной обработки имеют ярко выраженные специфические особенности физико-механических свойств, что необходимо учитывать в качестве предпосылок для совершенствования технологических процессов послеуборочной обработки семян подсолнечника.

Во время послеуборочной обработки семена подсолнечника проходят через транспортное и технологическое оборудование, на котором подвергаются механическому ударному воздействию, межсеменному трению.

Травмирование семян оказывает отрицательное влияние на хранение и переработку подсолнечника.

Исследования показали, что в наибольшей мере семена подсолнечника травмируются на поворотах самотечных труб, в норях, шнеках (максимально в шнеках).

Таким образом, в схемах послеуборочной обработки подсолнечника необходимо стремиться по возможности сокращать количество транспортных операций; ликвидировать крутые повороты в трубопроводах; смягчать удары при загрузке норий – подавать семена на ходу норийной ленты при ее скорости не более 2 м/с, устанавливать гасители при сбросе с большой высоты.

При рассмотрении технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника необходимо учитывать специфику очистки семян подсолнечника промышленного и семенного назначения.

Для свежесобранного подсолнечника, за редким исключением, рекомендована не менее чем двукратная очистка: первичная от крупных и легких примесей и вторичная от мелкого сора.

Для очистки вороха подсолнечника промышленного назначения используют зерноочистительные агрегаты ЗАВ-20, ЗАВ-25, ЗАВ-40, КЗ-25, КЗ-50, а также ворохоочистители ОВП-20А, ОВС-25. В отдельных случаях используют зерноочистительно-сушильные комплексы КЗС-20, КЗС-40, КЗсК-25, но в хозяйствах южных регионов Украины они встречаются редко.

Для сортировки и калибровки семян подсолнечника семенного назначения используют кроме названных агрегаты ЗАР-5, КЗР-5, семеочистительные приставки СПЛ-5 и СП-10 (СП-10А), семеочистительные машины МС-4,5, СМ-4, пневмосортировальные столы ПСС-2,5, СПС-5 и др., зерноочистительные машины немецкого предприятия «Петкус-Вута» и др.

В Украине используются машины предварительной очистки МПО-50, СПО-50, комплексный барабанный сепаратор КБС «КМЗ», скальператор А1-532-01. Для первичной очистки используют – ЗВС-20, РВ-БЦСМ (производительностью 25, 50, 100 т/час). Для вторичной очистки используют машины МС-4,5, универсальные зерноочистительные машины МУЗ-8. Многофункциональную очистку производят аэродинамическими сепараторами МС-4/2, (10/5, 20/10, 40/20, 50/30). Кроме того используют зерноочистительные машины ОЗЦ-25 (50, 100), сепараторы типа БСХМ.

В последние годы в хозяйствах нашли широкое применение виброцентробежные сепараторы БЦСМ и на их базе ремкомплекты типа Р8-УЗКМ-25, Р8-УЗКМ-50 и др. Они успешно применяются для очистки зерновых и др. культур. Результаты наших исследований по использованию вибросепараторов для очистки семян подсолнечника свидетельствуют о нецелесообразности их применения для послеуборочной обработки семян подсолнечника. Вследствие использования центробежных сил в сепараторах происходит травмирование, раскалывание плодовой оболочки семян, замасливание и залипание отверстий решет.

Рекомендуется следующая технология послеуборочной обработки семян подсолнечника промышленного и семенного назначения, представленная на рисунке 3.

Для семян промышленного назначения достаточны операции предварительной и первичной очисток.

Для семенного фонда дополнительно необходимы вторичная очистка и пневмосортирование.

Рекомендуемые для очистки семян машины комплектуются исходя из производительности технологической линии.

Наиболее рациональным следует считать ярусно-каскадное расположение очистительных машин (рис. 3), обеспечивающее самотеч-

ное перемещение материалов.

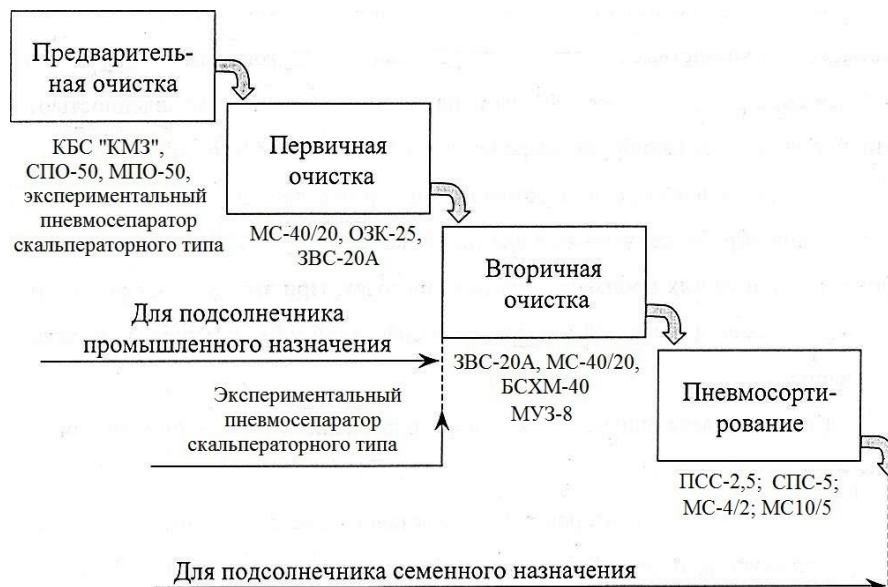


Рис. 3. Схема технологическая послеуборочной обработки семян подсолнечника

Это исключает использование промежуточных норий, шнеков и др. транспортирующих устройств, которые приводят к значительному травмированию семян.

Выводы.

1. Исследования показали, что свойства семян подсолнечника за последние 25-30 лет изменились. Культивирование раннеспелых сортов и гибридов подсолнечника с высокой масличностью значительно изменило состав семян, что привело к снижению стойкости семян при хранении. Семена подсолнечника стали мельче, более масличны и менее лузжисты. Все это повлияло на натуру, засоренность и скорость витания масличного сырья подсолнечника.

2. Качественные характеристики семян подсолнечника по натуре представлены следующими статистическими данными: математическое ожидание составило $m=385$ г/дм³; минимальное и максимальное значения, соответственно – $\min=330$ г/дм³; $\max=426$ г/дм³; коэффициент вариации $V=22,98\%$.

Полученные числовые характеристики по натуре семян подсолнечника, позволяют утверждать, что качество масличного сырья подсолнечника изменилось в сравнении с известными данными. Это внесет изменения в расчет производительностей оборудования, обоснование емкостей отделений временного приема и хранения семян, расчет параметров рабочих органов технологических линий.

3. Из анализа общего количества примесей, содержащихся в семенах подсолнечника, масличной примеси в материале – 37,25%,

крупной сорной примеси – 25,7%, прохода через сито Ø3мм – 36,5%, легких примесей – 0,55%. Наличие большого количества крупных примесей в сырье требует установки в технологических линиях машин предварительной очистки.

4. Критическая скорость витания полноценных семян подсолнечника также изменилась и находится в широком диапазоне. Так, его минимальное математическое ожидание составило $V_{кр.нп.(ср)}^{min} = 4,124 \text{ мс}^{-1}$, а максимальное $= 6,659 \text{ мс}^{-1}$.

Это требует корректировки расчетов по обоснованию расхода воздуха, рабочего давления в сети и энергоемкости технических средств.

5. Наиболее рациональным следует считать ярусно-каскадное расположение очистительных машин, обеспечивающее самотечное перемещение материалов.

Это исключает использование промежуточных норий, шнеков и других транспортирующих устройств, которые приводят к значительному травмированию семян.

Литература

1. Михайлов Є. В. Аспекти методики визначення параметрів повітряного потоку в пневмосистемі машини попереднього очищення зерна / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов, М. П. Кольцов // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип. 11, т. 1. – С. 242-250.

2. Михайлов. Є. В. Аналіз пневматичних систем зерноочисних машин та удосконалення їх класифікації / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов, Н. О. Задосна, Д. В. Сердюк // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 12, т. 5. – С. 50-61.

3. Пат. №61469 U Україна, МПКВ07В1/28. Решітний сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов, В. С. Дудка, А. В. Перетяцько; заявник та патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. заявл. 23.11.2010; опубл. 25.07.2011, бюл. №14. – 4 с.

4. Білокопитов О. О. Аналіз результатів визначення критичної швидкості та коефіцієнту парусності складових зернового вороху / О. О. Білокопитов // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 5. – С. 198-207.

5. ДСТУ 4694:2006. Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови. – Вид. офіц. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – III, 12 с. – (Національний стандарт України).

6. ОСТ 70.10.2-83. Зерноочистительные машины, агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний. – М., 1984. – 172 с.

7. Чижиков А. Г. Операционная технология послеуборочной обработки и хранения зерна (в Нечерноземной зоне) / А. Г. Чижиков,

В. Д. Бабченко, Е. А. Машков. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 192 с.

8. *Шафоростов В. Д.* Моделирование процесса сепарирования семян подсолнечника в вертикальном пневмоканале ветро-решетных зерноочистительных машин/ *В. Д. Шафоростов, И. Е. Припоров* // Масличные культуры. науч.-техн. бюл. Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар, 2011. – Вып. 1. – С. 146-147.

9. *Макаров П. И.* Механизация послеуборочной обработки зерна / *П. И. Макаров, Г. С. Юнусов, И. И. Казанков* и др. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2007. – 284 с.

10. *Перепелкин М. А.* Разработка и исследование сепаратора роторно-воздушного типа для очистки вороха подсолнечника: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / *М. А. Перепелкин.* – М., 2009. – 21 с.

11. *Фадеев Л. В.* Щадящая технология подготовки семян – путь повышения урожайности / *Л. В. Фадеев* // Агрохимия, агротехника, агротехнологии. – 2012. – №1. – С. 28-31.

12. *Михайлов Є. В.* Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику / *Є. В. Михайлов, Н. О. Задосна* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15, т. 4. – С. 28-38.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Михайлов Є. В., Задосна Н. О., Чорна Т. С.

Анотація – в роботі представлені аналіз фізико-механічних властивостей, травмування насіння соняшнику, технічні засоби і напрямки підвищення ефективності технології його післязбиральної обробки.

IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF TECHNOLOGY OF POST-TURNING PROCESSING OF SUNFLOWER SEMANS

E. Mikhailov, N. Zadosna, T. Chornaya

Summary

The the work presents an analysis of physico-mechanical properties of injury of sunflower seeds, technical means and direction of increase of efficiency of post-harvest technologies of sunflower seeds.

УДК. 631.362.3:631.1

МЕХАНІЗМ КЕРУВАННЯ НАПРАВЛЯЮЧИХ ЛОПАТОК ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА

Михайлов Є. В., д.т.н.,
Задосна Н. О., інженер,
Афанасьєв О. О., аспірант*,
Довгополий Ю. Б., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (067) 613-45-97, e-mail: evgenii19508v@gmail.ru

Анотація – в роботі представлено вдосконалення процесу роботи пневморешітного сепаратора за рахунок встановлення механізму керування направляючих лопаток у пневмосепаруючій камері.

Ключові слова – пневмосепарація, направляючі лопатки, ефективність, повітрявідокремлюючі домішки, повітряний потік.

Постановка проблеми. Зерновий ворох, який надійшов на після-збиральну обробку, крім біологічно повноцінного зерна містить також щупле, подрібнене і бите зерно, насіння бур'янів, органічні, мінеральні та повітрявідокремлюючі домішки. Засміченість зернового вороху бур'янами і зерновими домішками є сприятливим середовищем для розвитку і розмноження мікроорганізмів, які погіршують насіннєві, продовольчі, кормові та технічні якості зерна. Тому зерновий ворох, доставлений від комбайнів, необхідно відразу ж очистити від домішок [1].

Оперативне очищення від домішок значно підвищує стійкість зерна до факторів псування. При цьому вже на стадії попередньої обробки ефективне очищення зернового вороху з інтенсифікацією процесів пневмосепарації і фракціонуванням повітряних відходів по аеродинамічним властивостям. Внаслідок своєчасного і якісного виконання даної технологічної операції сприятиме підвищенню насіннєвих та продовольчих якостей зерна, зниженню його втрат і збільшенню пропускної спроможності поточних ліній [2].

Аналіз останніх досліджень. Значна кількість наукових досліджень в області інтенсифікації процесів очищення зернових матеріалів від домішок направлена на розробку нових конструктивно-технологічних схем сепарації з обґрунтуванням окремих парамет-

© Михайлов Є. В., Задосна Н. О., Афанасьєв О. О., Довгополий Ю. Б.

* Науковий керівник – д.т.н., доц. Михайлов Є. В.

рів [3]. При цьому визначення якісних показників в більшості випадків зводиться до експериментального дослідження по встановленню раціональних параметрів запропонованих схем. Досить складним завданням залишається теоретичне визначення якісних показників пневмосепарації, що є особливо актуальним при розробці нових конструкцій пневмосистем зерноочисних машин загального призначення.

У похилому повітряному потоці компоненти зернового матеріалу, які мають більшу критичну швидкість, відхиляються повітряним потоком від вертикалі на менший кут, ніж легкі домішки що мають меншу критичну швидкість. Знаючи параметри компонентів зернового матеріалу та повітряного потоку можна розташувати приймачі зерна та домішок таким чином, щоб розділяти зерновий матеріал за фракціями [4, 5].

Мета дослідження. Підвищення ефективності процесу роботи пневморешітного сепаратора шляхом встановлення механізму керування направляючих лопаток у пневмосепаруючій камері.

Основна частина. Умови, які забезпечують ефективність пневмосепарації:

- підтримання постійної швидкості повітря;
- поле швидкостей достатньо вирівняне по перетину;
- суміш, яка сепарується, подається з постійною швидкістю та рівномірно розподілена по перетину [6].

Виконавши аналіз роботи пневморешітного сепаратора, було зроблено висновок, що підвищення ефективності його процесу роботи можливе шляхом встановлення механізму керування направляючих лопаток у пневмосепаруючій камері. Таким чином можливо змінювати кут нахилу направляючих лопаток, в результаті чого змінюється напрямок повітряного потоку та формується поле швидкостей у перетинах.

Робочий процес пневморешітного сепаратора здійснюється наступним чином [7].

Повітряний потік, створений діаметральним вентилятором 1 (рис. 1), направляється до повітряроздавального каналу 3, де перерозподіляється до жалюзі 5 та циліндричного решета 7, або до лотка-інтенсифікатора 8 стінкою розподільчою 6. Зерновий ворох, що надійшов до лотка-інтенсифікатора 8, під дією повітряного потоку переводиться у псевдозріджений стан, за рахунок чого пил, солома, збірна та деякі великі домішки, що мають значно більший коефіцієнт парусності ніж повноцінне зерно, а також легкі і повітрявідокремлюючі домішки переміщуються у верхній шар, а повноцінне зерно і дрібні важкі домішки – в нижній. Великі домішки відокремлюються решетою 7, поверхня якого очищується щітковим очисником 12. Зерно та дрібні

важкі домішки просипаються крізь решето і виводяться із машини через клапан 20. Крупні домішки (солома, недомолочений колос, та інші) за рахунок обертання циліндричного решета переміщуються в зону щіткового очисника 12 і через клапан 19 виводяться з машини. Повітряний потік проходить крізь жалюзійний повітрярозподільник 5 та циліндричне решето 7, підхоплює легкі і повітрявідокремлюючі домішки, переміщуючи їх до пневмосепаруючої камери 13, де рівномірно розподіляється направляючими лопатками 21, а далі – в осадову камеру 15. Механізм керування направляючих лопаток, який складається з консолі 22 і важеля 23, змінює кут нахилу направляючих лопаток 21. Зміна кута нахилу відображається на секторі керування 24. Повітрявідокремлюючі домішки осаджуються в осадовій камері 15 та виводяться з неї пристроєм 16. За рахунок зменшення робочого тиску повітряного потоку в осадовій камері 15 повітряний потік має умови перетворюватися на зворотній і надходить в зону горловини 14 всмоктуючого каналу 18, направляючи його до діаметрального вентилятора 1.

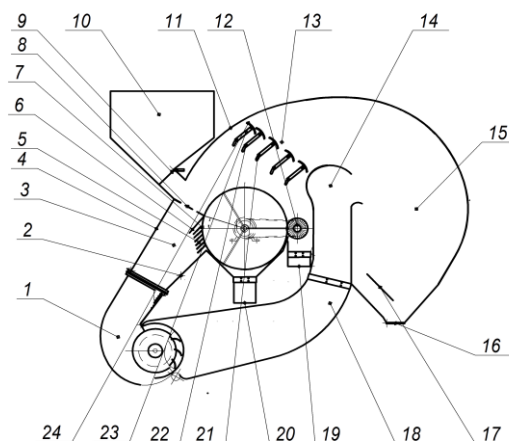


Рис. 1. Схема конструктивно-технологічна пневморешітного сепаратора із замкнутою повітряною системою: 1 – діаметральний вентилятор; 2 – нижня стінка жалюзійного повітрярозподільника; 3 – жалюзійний повітрярозподільник; 4 – верхня стінка жалюзійного повітрярозподільника; 5 – жалюзі; 6 – стінка розподільча; 7 – циліндричне решето; 8 – лоток-інтенсифікатор; 9 – заслінка; 10 – бункер; 11 – обичайка; 12 – щітковий очисник; 13 – пневмосепаруюча камера; 14 – горловина; 15 – осадова камера; 16 – клапан виводу легких домішок; 17 – відбійна площа; 18 – всмоктуючий канал; 19 – клапан виводу крупної фракції; 20 – клапан виводу чистого зерна; 21 – направляючі лопатки; 22 – консоль; 23 – важіль; 24 – сектор керування

Таким чином, здійснюється замкнений цикл роботи пневморешітного сепаратора, регулюється кут нахилу направляючих лопаток, для більш рівномірного розподілу поля швидкостей повітряного потоку в пневмосепаруючій камері та формування його напрямку [8].

Для більш рівномірного розподілу поля швидкостей та формування напрямку повітряного потоку необхідно встановити направляючі лопатки під правильним кутом атаки. Для вирішення цієї задачі встановлено механізм керування направляючих лопаток (рис. 2), який складається з консолі 22, важеля 23 і сектору керування 24.

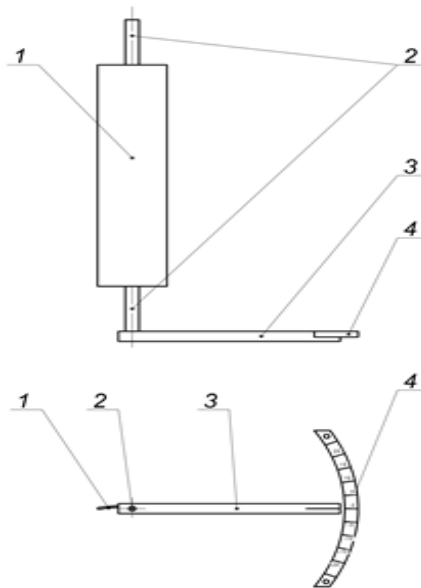


Рис. 2. Схема конструктивна механізму керування направляючих лопаток: 1 – направляюча лопатка; 2 – консоль; 3 – важіль; 4 – сектор керування

Таким чином можливо змінювати кут нахилу направляючих лопаток. Величина кута нахилу відображається на секторі керування 24.

Висновок. Підвищення ефективності процесу роботи пневморешітного сепаратора можливо за рахунок встановлення механізму керування направляючих лопаток у пневмосепаруючій камері. Це дозволить змінювати кут нахилу направляючих лопаток для більш рівномірного розподілу поля швидкостей по перетину пневмосепаруючої камери, в результаті чого підвищується ефективність пневмосепарації.

Література

1. Машины для послеуборочной обработки зерна / Б. С. Окнин и др. – Агропромиздат, 1987. – 238 с.

2. Нелюбов А. И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А. И. Нелюбов, Е. Ф. Ветров. – М.: Машиностроение, 1977. – 192 с.

3. Аналітична оцінка якості пневмосепарації на основі алгоритму функціонування зерноочисних машин / С. М. Лещенко та ін. // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2012. – Вип. 25, ч. 1. – С. 68-73.

4. Лещенко С. М. Теоретичне дослідження якості пневмосепарації зернових сумішей в похилому повітряному потоці / С. М. Лещенко та ін. // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк, 2011. – Вип. 21, том 1. – С. 249-254.

5. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку / Д. Г. Войтюк та ін. – Суми: Університетська книга, 2005. – 446 с.

6. Идельчик И. Е. Методы оценки влияния степени неравномерности распределения скоростей потока на эффективность работы промышленных аппаратов / И. Е. Идельчик // Теплоэнергетика. – 1962. – №5. – С. 73-76.

7. Пат. 94716 U Україна, МПК В 07 В 1/28. Пневморешітний сепаратор / Є. В. Михайлов, Н. А. Задосна, О. О. Білокопитов. – №u20142014 06765; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.11.2014, бюл. № 22.

8. Михайлов Є. В. Методика встановлення та визначення параметрів і режимів роботи пневморешітного сепаратору зернового вороху / Є. В. Михайлов, Н. О. Задосна, О. О. Білокопитов // Інженерія природовикористання. – 2015. – №1(3). – С. 44-49.

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕННЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛОПАТОК ПНЕВМОРЕШЕТНОГО СЕПАРАТОРА

Михайлов Е. В., Задосная Н. А., Афанасьев О. О., Довгопольный Ю. Б.

Аннотация – в статье представлено усовершенствование процессарботы пневморешетного сепаратора за счет установки механизма управления направляющих лопаток в пневмосепарирующей камере.

MECHANISM OF CONTROLLING GUIDES OF THE PNEUMATIC SEPARATOR

E. Mikhailov, N. Zadosnaya, O. Afanasyev, U. Dovgopoliy

Summary

The paper presents an improvement in the operation of a pneumatic screen separator by installing a control mechanism for the guide vanes in a pneumatic separating chamber.

УДК 631.3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ КАРТОПЛЕСАДЖАЛКИ СН-4Б ДЛЯ ПОСІВУ ЦИБУЛІ-РІПКИ

Мітін В. М., к.т.н.,

Аюбов А. М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-12-65

Анотація – у даній статті представлені результати дослідження картоплесаджалки для посіву цибулі-ріпки.

Ключові слова – дослідження, цибуля-ріпка, посів, картоплесаджалка, фактори, критерії.

Постановка проблеми. Одним з основних завдань, які стоять перед сільським господарством країни, є поліпшення постачання населення продовольством, у тому числі овочевою продукцією. Серед овочевих культур біля 14% площ займає цибуля ріпчаста. Зважаючи на високі антисептичні і лікувальні властивості річне її споживання складає не менше 9-12 кг на людину.

Цибуля ріпчаста – одна з найбільш важливих і популярних овочевих культур. Окрім великого продовольчого значення, вона ціниться також своїми лікувальними властивостями.

Цибуля вміщує цукор, вітаміни, фітонциди, білок, мінеральні солі, сірку, калій, кальцій, натрій, магній і інші елементи, необхідні для нормального розвитку і підвищення працездатності людини. До складу цибулі входять всі основні вітаміни: С, А, В₁, В₂, ніотинова і пантотенова кислот.

Аналіз останніх досліджень. Хоча відомі вчені такі як: Ларюшин Н. П., Ємельянов П. В., Валько Ф. И, Валько Е. Ф. та інші займалися питанням посіву цибулі-ріпки та цибулі-матки, проте завдання вдосконалення існуючих сільськогосподарських машин було залишено поза їх увагою [1-3].

Формування цілей статті (постановка завдання). Обґрунтування основних кінематичних та конструктивних параметрів роботи картоплесаджалки СН-4Б для посіву цибулі-ріпки.

Основна частина. В залежності від сорту цибулі класифікацію машин для посіву цибулі можна представити в такому вигляді на рисунку 1.

Отримання товарної продукції сільського господарства немож-

ливе без якісного насіння. Важливе місце при виробництві насіння відводиться посіву цибулі-ріпки. Отримання високих врожаїв насіння в більшості випадків залежить від розміщення в ґрунті маточного посівного матеріалу (цибулина донцем донизу) така посадка веде до втрати врожаю в 2...4 рази. Тому виникає необхідність орієнтацій під час посадки маточників цибулі. Під орієнтацією розуміють процес, на протязі якого тіло (цибуля) переводиться із невизначеного положення в точно скоординоване відносно деяких поверхонь або замінюючи їх сукупностей точок.

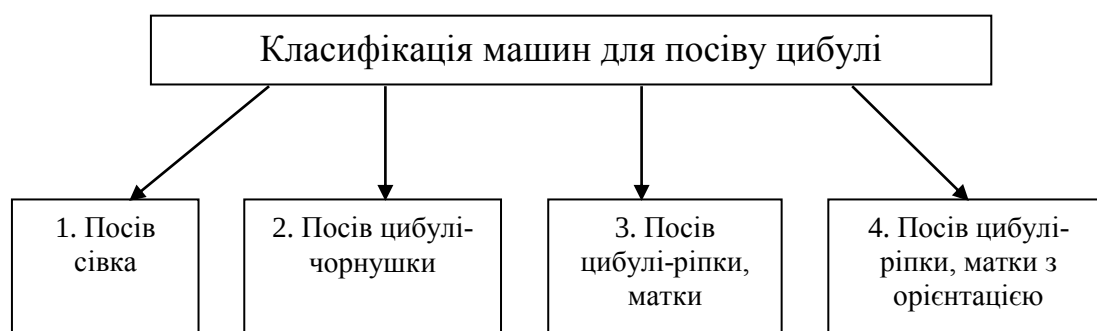


Рис. 1. Схема класифікації машин для посіву цибулі

Класифікація машин для посіву цибулі-ріпки з орієнтацією представлена нижче в вигляді схеми на рисунку 2.

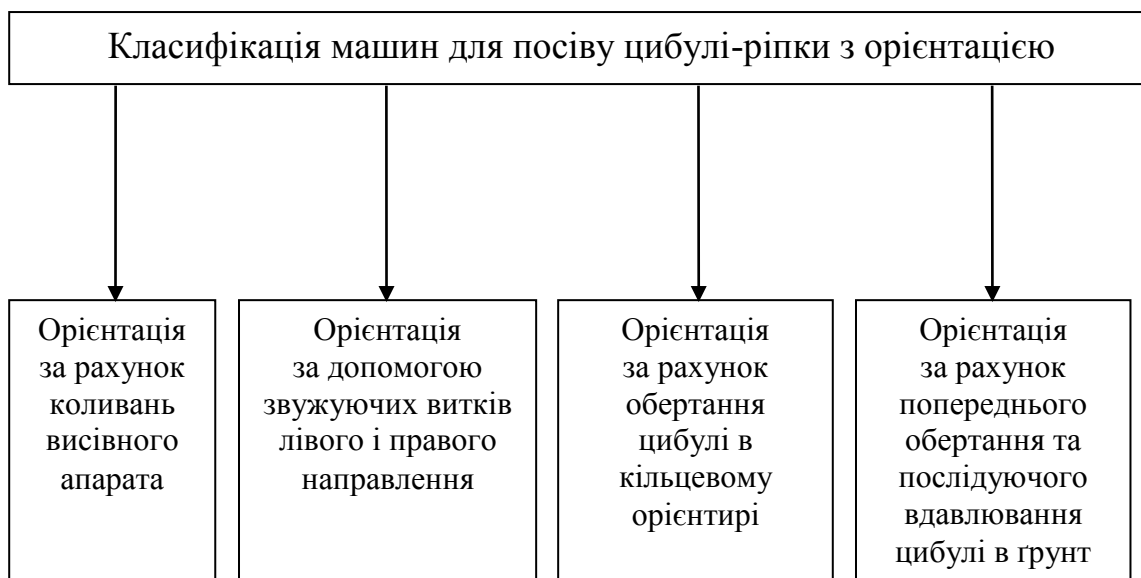


Рис. 2. Схема класифікації машин для посіву цибулі-ріпки з орієнтацією

В нашій зоні при посіві цибулі-ріпки широке використання знайшла картоплесаджалка СН-4Б. Але одним великим її недоліком є те, що деякий процент посівного матеріалу вона висаджує без орієнтування в ґрунті (шийкою донизу). Тому ми пропонуємо розширити експлуатаційні можливості картоплесаджалки за допомогою встанов-

лення на неї пристрою для орієнтування цибулі при посіві. Даний пристрій представляє собою патрубок трубчатої форми, діаметр якого має пряму залежність від діаметру середньої посівної цибулини (10 см).

Даний пристрій закріплюється під висівним барабаном, довжина даного пристрою складає 30 см. В середині даного пристрою закріплені по периметру кільця, ліски, один кінець якої закріплен жорстко, а інший вільно.

Робочий процес: цибуля, потрапляючи в орієнтуючий пристрій під дією власної ваги проходячи крізь кільця ліски орієнтується шийкою догори. Схема даного пристрою представлена на рисунку 3.

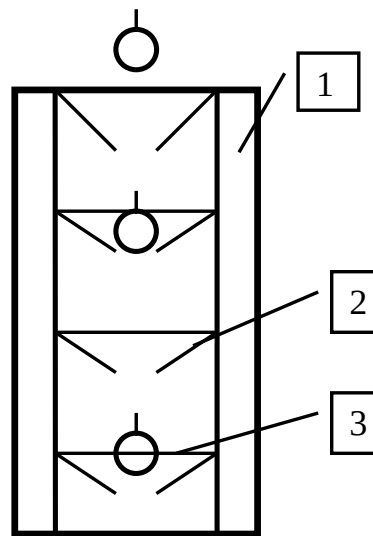


Рис. 3. Схема орієнтуючого пристрою: 1 – труба; 2 – ліска; 3 – кільця

Приймаємо ряд факторів які впливають на посів цибулі ріпки з орієнтацією вони представленні нижче:

Фактори, які характеризують режим роботи:

X_1 – швидкість обертання висівача чого апарату. Змінюється шляхом зміни передаточного відношення зірочок на валах приводу.

X_2 – глибина залягання цибулі. Регулюється зміною глибини ходу сошників (зміна висоти опорних коліс).

X_3 – швидкість машини. Регулюється шляхом змінення робочої швидкості тягового агрегату.

X_4 – норма висіву. Регулюється заслінкою в приймальному бункері.

Фактори, які характеризують стан культури та ґрунту:

X_5 – схема посіву. Змінюється шляхом встановлення робочих органів на різну робочу ширину (45 см; 60 см).

X_6 – вологість ґрунту. Для того, щоб визначити вологість ґрунту,

необхідно взяти пробу ґрунту і за допомогою сушильної шафи видалити воду, яка знаходиться в ній. Потім по різниці мас вологої і сухої проби ґрунту можна визначити вологість ґрунту на ділянці поля, що вивчається.

X_7 – щільність ґрунту. Залежить від попередньої обробки поля.

Фактори, які характеризують геометрію орієнтуючого пристрою:

X_{10} – кількість орієнтуючих пристроїв;

X_{11} – розміщення орієнтуючого пристрою відносно дна борозни, Н см;

X_8 – висота орієнтуючого пристрою, Н;

X_9 – діаметр пристрою, D.

Всі ці фактори можна змінити шляхом виготовлення набору різних пристроїв.

На підставі проведеного апріорного ранжування (психологічного експерименту), завдяки отриманій діаграмі (рис. 4) були вибрані наступні фактори:

X_9 – діаметр пристрою;

X_1 – швидкість обертання висівного апарату;

X_3 – швидкість машини;

X_8 – висота орієнтуючого пристрою.

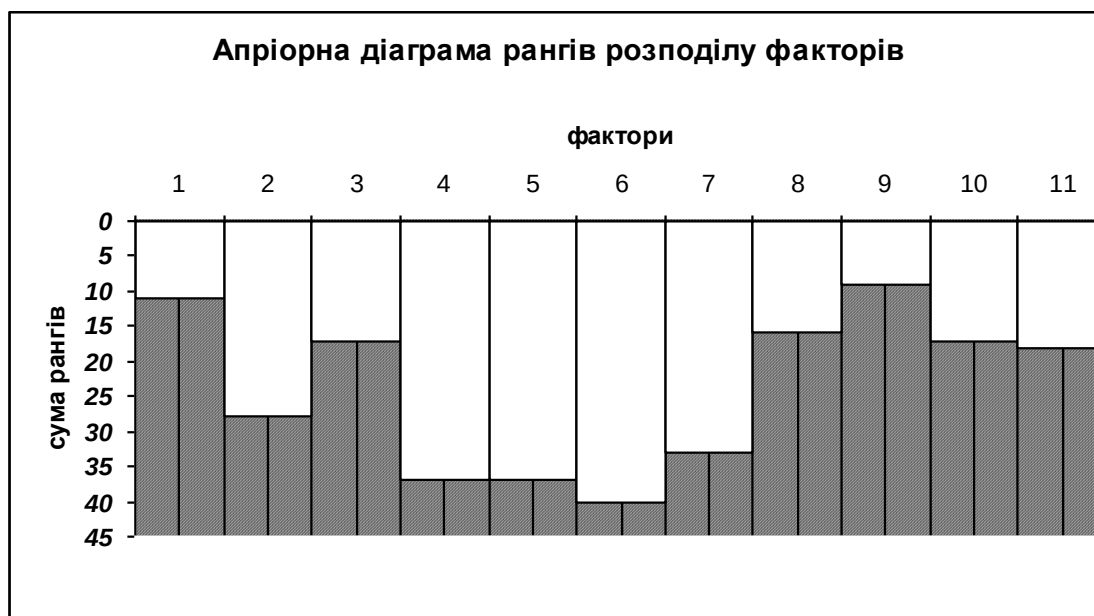


Рис. 4. Апріорна діаграма рангів розподілу факторів

Експериментальні дослідження процесу орієнтації цибулі-ріпки при посіві проводилися на лабораторній установці (рис. 5). Для факторів, які на підставі апріорного ранжування були обрані визначаємо рівні варіювання (таблиця 1).

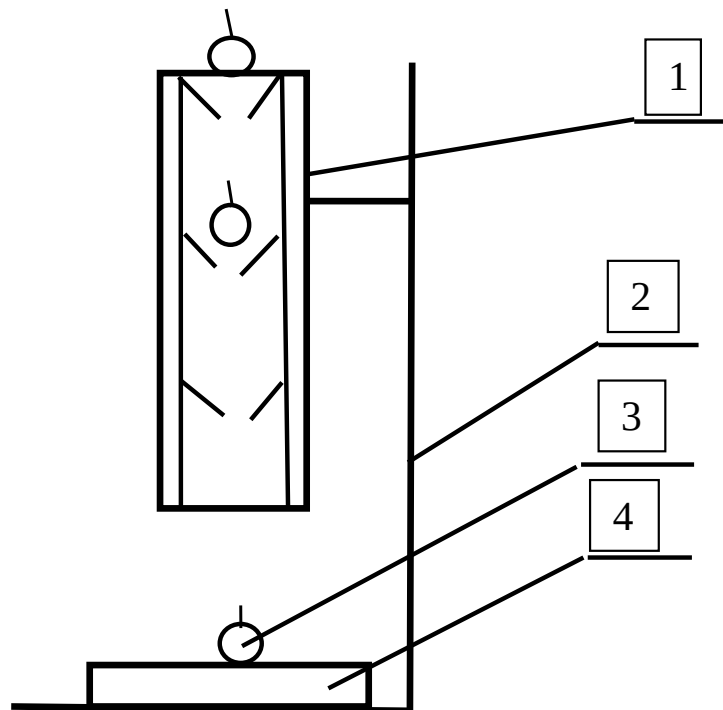


Рис. 5. Схема експериментальної установки для орієнтації цибулі при посіві: 1 – орієнтуючий пристрій; 2 – штатив; 3 – цибуля; 4 – ящик з ґрунтом

Таблиця 1

Фактори, що впливають на критерії орієнтації, їхні умовні позначки й намічені рівні варіювання

Позначення факторів	Найменування факторів	Рівні варіювання факторів		
		Нижній (-1)	Середній (0)	Верхній (+1)
X_1	Швидкість обертання висівного апарату, хв^{-1}	3,9	4,2	4,9
X_3	Швидкість машини, км/год.	3	4,5	6
X_8	Висота орієнтуючого пристрою, мм	20	25	30
X_9	Діаметр пристрою, мм	80	90	100

Для проведення імітаційного моделювання був обраний симетричний план B_4 на чотири фактори (два конструктивних і два режимних). При виборі плану особлива увага приділялась його властивостям з позиції G – оптимальності, тобто передбаченими властивостями рівняння, і D – оптимальності, тобто точність оцінки коефіцієнтів регресії рівняння [4].

План містить в собі ядро, 8 «зіркових» точок [4] (таблиця 2).

Таблиця 2

План B_4 і результати його реалізації

№	X_1	X_3	X_8	X_9	Відсоток орієнтації, %
1	+1	+1	+1	+1	92,568
2	+1	+1	+1	-1	91,215
3	+1	+1	-1	+1	91,175
4	+1	+1	-1	-1	89,985
5	+1	-1	+1	+1	86,257
6	+1	-1	+1	-1	83,245
7	+1	-1	-1	+1	80,548
8	+1	-1	-1	-1	79,895
9	-1	+1	+1	+1	75,268
10	-1	+1	+1	-1	72,547
11	-1	+1	-1	+1	71,254
12	-1	+1	-1	-1	70,259
13	-1	-1	+1	+1	68,448
14	-1	-1	+1	-1	67,589
15	-1	-1	-1	+1	67,254
16	-1	-1	-1	-1	65,865
17	-1	0	0	0	65,112
18	+1	0	0	0	62,548
19	0	-1	0	0	62,021
20	0	+1	0	0	60,551
21	0	0	-1	0	59,795
22	0	0	+1	0	59,443
23	0	0	0	-1	57,465
24	0	0	0	+1	55,154

Результати експериментів були оброблені на ЕОМ за допомогою прикладних програм. Отримане рівняння регресії має такий вид

$$\begin{aligned}
 Y (\text{Op. \%}) = & 72,31 + 5,58 \cdot X_1 + 0,62 \cdot X_3 - 0,41 \cdot X_8 - 0,18 \cdot X_9 + \\
 & + 0,62 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,13 \cdot X_3 \cdot X_8 + 0,01 \cdot X_3 \cdot X_9 + 0,19 \cdot X_8 \cdot X_9 + \\
 & + 57,54 \cdot X_1 \cdot X_3 - 57,33 \cdot X_3 \cdot X_3 + 57,19 \cdot X_8 \cdot X_8 + 56,92 \cdot X_9 \cdot X_9 - \\
 & - 0,41 \cdot X_1 \cdot X_3 \cdot X_8 - 0,11 \cdot X_1 \cdot X_3 \cdot X_9 + 0,05 \cdot X_1 \cdot X_8 \cdot X_9 + \\
 & + 0,002 \cdot X_3 \cdot X_8 \cdot X_9.
 \end{aligned} \quad (1)$$

За допомогою критерію Фішера була доведена адекватність моделі на 95% рівні ймовірності [5].

Висновки. На підставі апріорного ранжування була побудована апріорна діаграма рангів розподілу факторів, на підставі якої для по-

дальшого розгляду були обрані фактори: X_1 – швидкість обертання висівного апарату, X_3 – швидкість машини, X_8 – висота орієнтуючого пристрою, X_9 – діаметр пристрою, які займають на діаграмі рангів перші місця, припускаючи, що вони найбільш сильніше впливають на критерій орієнтації. Вони займають на діаграмі рангів перші місця, тому що найбільш сильніше впливають на критерій орієнтації. Був розрахований коефіцієнт конкордації, який склав $W = 0,73$. Коефіцієнт конкордації значно відмінний від нуля і погодженість фахівців не випадкова з ймовірністю 0,95.

За допомогою F – критерію Фішера доведено, що отримана регресійна модель по критерію оптимізації на 95% рівні ймовірності адекватно описує процес. Це дає можливість використовувати модель при регулюванні саджалки на посів цибулі-ріпки.

Література

1. Ларюшин Н. П. Сеялка с ячеисто-барабанным высевающим аппаратом для посева лука-севка / Н. П. Ларюшин, К. З. Кухмазов. // Механиз. и электриф. сел. х-ва. – 2001. – №8. – С. 9-11.
2. Емельянов П. Ориентированная посадка маточников лука / П. Емельянов // Техника в сельском хозяйстве. – 1985. – №5. – С. 12.
3. Валько Ф. И. Сажалка лука-матки / Ф. И. Валько, Е. Ф. Валько // Сельский механизатор. – 1994. – №5. – С. 7.
4. Красовский Г. И. Планирование эксперимента / Г. И. Красовский, Г. Ф. Филаретов. – Мн.: Издательство БГУ, 1982. – 302 с.
5. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессах / С. В. Мельников, В. Р. Алешин, П. М. Роцин. – Л.: Колос, 1972. – 168 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ СН-4Б ДЛЯ ПОСЕВА ЛУКА-РЕПКИ

Митин В. М., Аюбов А. М.

Аннотация – в данной статье представлено результаты исследований картофелесажалки СН-4Б для посева лука-репки.

THE RESULTS OF THE RESEARCH PLANTERS CH-4B FOR PLANTING ONIONS-TURNIPS

V. Mitin, A. Aiubov

Summary

This article presents the results of research kartofelno-miserable CH-4B for planting onions-turnips.

УДК 631.362.32/34

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ ПРОХОДЖЕННЯ ЗЕРНІВКИ КРІЗЬ ШАР ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ

Леженкін І. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (097) 407-87-35, e-mail: lan2810@mail.ru

Анотація – в статті на підставі положень теорії ймовірностей розглянуто методику побудови математичної моделі ймовірності проходження зернівки крізь шар обчисаного вороху з урахуванням взаємного розташування соломин та моделювання цього процесу.

Ключові слова – обчисаний ворох, зернівка, соломину, ймовірність, шар, сегрегація, математична модель.

Постановка проблеми. В результаті дії обчисуючого пристрою на суцвіття рослин утворюється обчисаний ворох, який являє собою суміш, яка складається з вільного зерна, соломи, полови і обірваних колосків (волокотків). Згідно багаторічних досліджень встановлено, що в середньому обчисаний ворох пшениці містить вільного зерна 53,77% [1], полови 8,86% [2], соломи 33,2% [3] та обірваних колосків 4,13% [4].

Завданням даного дослідження є розробка та обґрунтування робочого органу для виділення вільного зерна. Даний процес можна виконати в два етапи. На першому етапі перерозподілити зернівки з верхніх шарів вороху в нижній, а на другому етапі відсепарувати попередньо сегрегований зерносоломістий матеріал. Таким чином ворох розділиться на дві фракції: великі солом'ясті домішки змішані з обірваними колосками і вільне зерно з половию і дрібними домішками.

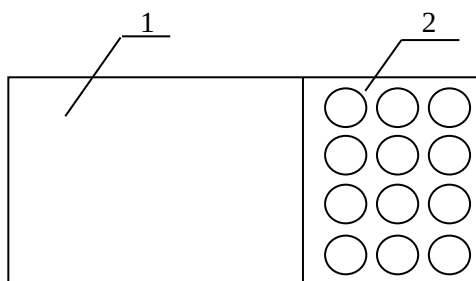


Рис. 1. Робочий орган для сепарації обчисаного вороху:
1 – сегрегатор; 2 – решето

ними колосками і вільне зерно з половию і дрібними домішками.

Для забезпечення виконання даних операцій пропонується робочий орган, який складається з сегрегатора 1 і решета 2 (рис. 1) [5]. Сегрегатор являє собою суцільну металеву поверхню. На поверхні решета виконані круглі отвори для проходження зернової фракції.

Наступним етапом розробки робочого органу є його теоретичне

обґрунтування.

У теоретичному плані завдання полягає у встановленні залежності між геометричними розмірами соломин і зернівок і ймовірністю проходження зернівки крізь шар соломи.

Аналіз публікацій. Теоретичною базою для вирішення даного завдання є методика геометричного обчислення ймовірностей [6]. Вперше метод геометричного обчислення ймовірностей був запропонований Бюфоном і був опублікований в його роботі [7]. Даний метод був використаний в роботі [8] для побудови математичної моделі сепарації обчисаного вороху зернових. Однак в цій роботі даний процес розглянуто не в повній мірі.

Формулювання цілей статті. Побудувати математичну модель ймовірності просіювання зернівки крізь шар соломи та провести моделювання цього процесу.

Основна частина. Для побудови математичної моделі ймовірності просіювання зернівки крізь шар соломи розглянемо випадок, коли відстань між соломинками більше суми довжини зернівки і діаметра соломини

$$2\rho \geq 2l + 2r_c \rightarrow a \geq l, \quad (1)$$

де 2ρ – відстань між осями соломинок;

$2l$ – довжина зернівки;

$2r_c$ – діаметр соломини.

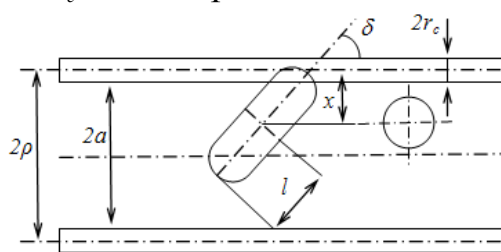


Рис. 2. Схема просіювання зернівки крізь дві паралельні соломини, для першого випадку

Введемо позначення $a = \rho - r_c$. Тоді, виходячи з нерівності (1), випливає, що $a \geq l$. Зобразимо графічно схему просіювання зернівки при паралельному розташуванні соломин (рис. 2).

Припустимо, що

$$0 \leq x \leq r_c, \quad (2)$$

де x – відстань від центра ваги зернівки до осі соломини.

Таким чином, при таких значеннях x зерно після удару або залишається на поверхні соломини, або відскочить і просіється. При зміні від δ до π і від 0 до ρ , положення зернівки щодо соломин змінюється таким чином, що ймовірність просіювання стає 100%. Доброю нагодою для непросіювання зернівки є, виходячи з нерівності (1), значення відповідних величин, що дорівнює π та r_c .

Тоді, використовуючи визначення геометричної ймовірності, ймовірність непросіювання зерна при його горизонтальному розташуванні

$$p_1^I = \frac{\pi \cdot r_c}{\pi \cdot \rho} = \frac{r_c}{\rho}, \quad (3)$$

де p_1^I – ймовірність непросіювання зернівки, при горизонтальному положенні тіла для першого випадку.

При вертикальному розташуванні зернівки, ймовірність непросіювання, виходячи з рисунку 2, буде ідентичною

$$p_2^I = \frac{r_c}{\rho}, \quad (4)$$

де p_2^I – ймовірність непросіювання зернівки, при вертикальному положенні тіла для першого випадку.

Загальна ймовірність непросіювання зернівки для першого випадку $a \geq l$ при горизонтальному і вертикальному її розташуванні складе

$$p^I = \frac{p_1^I + p_2^I}{2} = \frac{r_c}{\rho}. \quad (5)$$

Побудуємо графік залежності ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку, коли $a \geq l$.

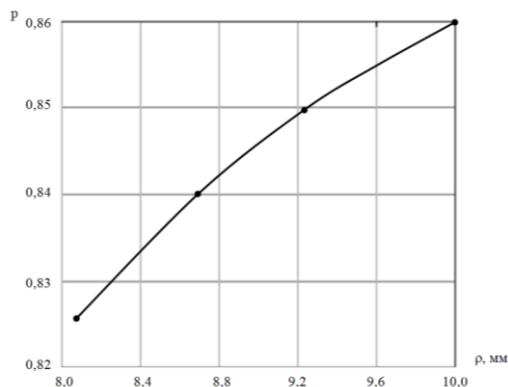


Рис. 3. Залежність ймовірності просіювання зернівки від відстані між соломинами для першого випадку при паралельному розташуванні соломин

При побудові графіка використовувалася ймовірність просіювання зернівки.

На рисунку 3 показаний випадок, коли соломини розташовані паралельно один одному, проте в реальній дійсності можливі різні випадки взаємного розташування соломин. Розглянемо кілька випадків, які найбільш часто зустрічаються, а саме, коли одна соломинка перебуває під нахилом до іншої (рис. 4) або коли соломини знаходяться під нахилом по відношенню

один до одного (рис. 5) і нарешті, коли соломини перетинаються (рис. 6).

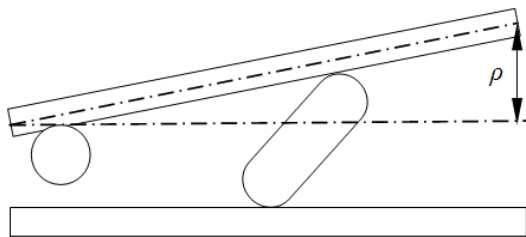


Рис. 4. Схема просіювання зернівки крізь дві соломини, коли одна з соломин знаходиться під нахилом до іншої

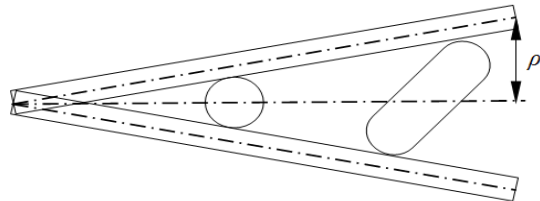


Рис. 5. Схема просіювання зернівки крізь дві соломини, коли обидві соломини знаходяться під нахилом по відношенню один до одного

У всіх представлених випадках відбувається зміна міжцентрової відстані між соломинами.

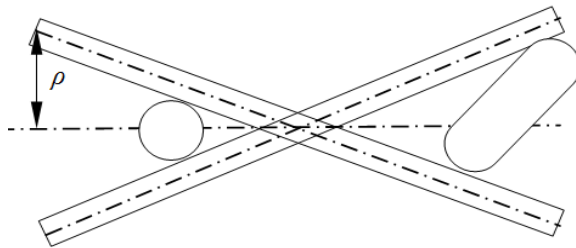


Рис. 6. Схема просіювання зернівки крізь дві соломини, коли соломини перетинаються різні значення параметра τ . Точність такого розрахунку буде прямо пропорційною до кроку параметра τ на всій області його визначення. Тобто, якщо $\tau \in [0; 1]$, то крок 0,1 і 10 значень параметра τ , при розрахунку дадуть менш точний результат, ніж крок 0,01 і 100 значень параметра. Тому, при обчисленні ймовірності з використанням формул, в яких застосовується параметр τ , слід використовувати обчислювальні потужності ПК крізь значний обсяг оброблюваних даних.

Для випадку, коли одна з соломин знаходиться під нахилом по відношенню до іншої (рис. 4) – відстань між соломинами змінюється від ρ до 2ρ , а τ відповідно – від 0,5 до 1. Отже, ймовірність непросіювання для цього випадку, буде виглядати

$$p_{\tau_1}^I = \frac{r_c}{\tau\rho}, \quad (6)$$

де $\tau \in [0,5; 1]$, а $\rho \in [\rho; 2\rho]$.

Побудуємо графік залежності ймовірності просіювання зернівки крізь дві соломини від відстані між ними в разі, коли одна соломини знаходиться під нахилом до іншої (рис. 7).

Як видно, з рисунку 7 зі збільшенням міжцентральної відстаней ρ ймовірність просіювання зернівки збільшується.

Розглянемо випадок, коли соломини знаходяться під нахилом одна до одної (рис. 5).

Відстань між соломинами змінюється від 0 до 2ρ , а τ від 0 до 1.

У точці перетину соломин ймовірність непросіювання 100%. Отже, загальна ймовірність непросіювання для цього випадку, буде виглядати

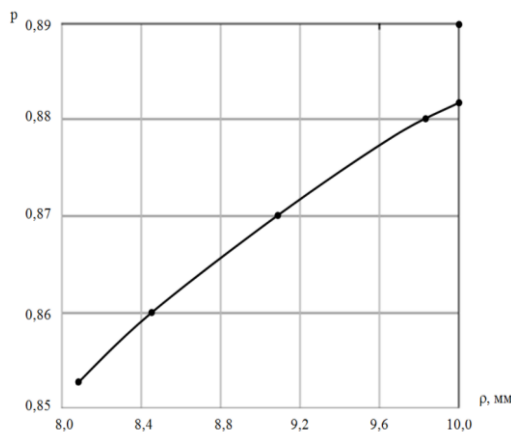


Рис. 7. Залежність ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку, коли одна соломини знаходиться під нахилом до іншої

$$p_{\tau_2}^I = \frac{r_c}{\tau \rho}, \quad (7)$$

де $\tau \in [0; 1]$, а $\rho \in [0; 2\rho]$.

І для останнього випадку, коли соломини перетинаються (рис. 6) параметр τ буде зменшуватися від 1 до 0 на половині розглянутої ділянки і збільшуватися від 0 до 1 на іншій половині, тобто $\tau = 0,5\tau [1; 0] + 0,5\tau (0; 1]$.

Складові рівні між собою, отже

$$p_{\tau_3}^I = \frac{r_c}{\tau \rho}, \quad (8)$$

де $\tau \in (0; 1]$, а $\rho \in [0; 2\rho]$.

Для випадку, коли соломини перетинаються, побудуємо графік

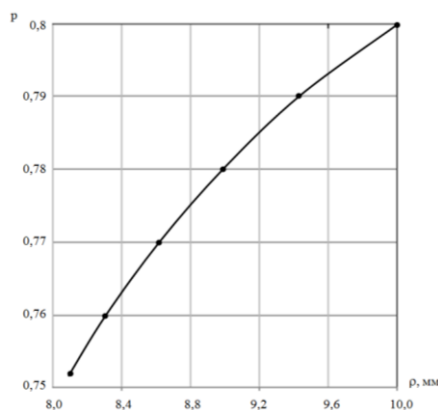


Рис. 8. Залежність ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку, коли соломини перетинаються між собою

залежності ймовірності просіювання від відстані між соломинами (рис. 8).

Графік показує, що так само, як в попередньому випадку зі збільшенням відстані між соломинами збільшується ймовірність проходження зернівки між ними.

Таким чином, ми отримали значення ймовірностей для всіх розглянутих випадків взаємного розташування соломин, а саме, коли соломини паралельні один одному (рис. 2), коли одна з соломин знаходиться під кутом до іншої (рис. 4), коли обидві соломини знаходяться під кутом один до одного (рис. 5) і нарешті при перетині соломин (рис. 6). Загальна ймовірність виходячи з виразів (5), (6), (7) і (8) буде виглядати наступним чином [8]

$$p^I = \left(\frac{r_c}{\rho} + \frac{r_c}{\tau_{[0,5;1]} \rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]} \rho} + \frac{r_c}{\tau_{(0;1]} \rho} \right) / 4 = \frac{r_c (\tau_{[0,5;1]} \tau_{(0;1]} + 2\tau_{[0,5;1]} + \tau_{(0;1]})}{4\tau_{[0,5;1]} \tau_{(0;1]} \rho}. \quad (9)$$

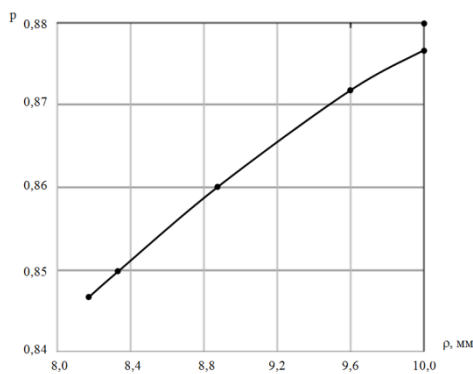


Рис. 9. Залежність повної ймовірності просіювання від відстані між соломинами для першого випадку

Проведемо розрахунок згідно виразів (9) і визначимо вірогідність непросіювання, потім за висловом $P_{\text{прос}} = 1 - p^I$ визначаємо ймовірність просіювання, і побудуємо графік залежності повної ймовірності просіювання від відстані між соломинами (рис. 9).

З рисунку 9 видно, що повна ймовірність просіювання збільшується

ся зі збільшенням відстані між соломонами.

Висновки.

1. Встановлено, що найбільш сприйнятним способом побудови математичної моделі просіювання зернівки крізь шар соломи є метод геометричного обчислення ймовірностей.

2. Побудовано математичну модель просіювання зерна крізь шар обчисаного вороху, яка встановлює залежність між ймовірністю проходження зерна крізь шари вороху і відстанню між соломонами з урахуванням взаємного розташування соломин і відношенням розмірів зернівки до відстані між соломонами, яка дозволяє встановити, що у разі, коли відстань між соломонами більша довжини зернівки і діаметра соломини, ймовірність просіювання зернівки складає 0,875 за умови, що відстань між соломонами дорівнює 10 мм.

Література

1. Леженкин И. А. Статистический анализ содержания свободного зерна в очесанном ворохе озимой пшеницы / И. А. Леженкин // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 2. – С. 183-189.

2. Леженкин И. А. Статистическая модель содержания половы в очесанном ворохе озимой пшеницы / И. А. Леженкин // Технічні системи і технології тваринництва: вісник ХНТУСГ. – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 355-360.

3. Леженкин И. А. Математическая модель содержания соломы в очесанном ворохе озимой пшеницы / И. А. Леженкин // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 57-62.

4. Леженкин И. А. Анализ содержания оборванных колосков в очесанном ворохе озимой пшеницы / И. А. Леженкин // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12, т. 5. – С. 149-154.

5. Пат. кор. мод. 93931. Україна. МПК В 07 В 1/22 (2006.01). Очісник обчисаного вороху / І. О. Леженкін (Україна) №u201403942; заявл. 14.02.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.

6. Кендол М. Геометрические вероятности / М. Кендол, П. Моран. – М.: Мир, 1972. – 273 с.

7. Buffon G. Essai d'arithmetique morale. Supplement «l'histoire Naturelle», v. 4, 1977.

8. Леженкин И. А. Математическая модель сепарации зерна через слой очесанного вороха / И. А. Леженкин // Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матер. міжнар. наук.-практ. конф., м. Мелітополь; 7-14 квітня 2015 року. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Т. 4. Технічні науки. – Ч. 2. – С. 47-49.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ
ПРОХОЖДЕНИЯ ЗЕРНОВКИ СКВОЗЬ СЛОЙ
ОБЧЕСАННОГО ВОРОХА**

Леженкин И. А.

Аннотация – в статье на основании положений теории вероятностей рассмотрена методика построения математической модели вероятности прохождения зерновки сквозь слой обчесанного вороха с учетом взаимного расположения соломинок, а также моделирования этого процесса.

**MATHEMATICAL MODELING OF PROBABILITY
PASSING OF THE GRAIN THROUGH THE LAYER
OF THE COUNTRY VOROCHA**

I. Lezhenkin

Summary

In the article, based on the provisions of probability theory, a method for constructing a mathematical model for the probability of grain passing through a layer of combed heap is considered, taking into account the mutual arrangement of the straws and the modeling of this process.

УДК 631.362.32/34

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АМПЛІТУДИ КОЛИВАНЬ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ

Леженкін І. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (097) 407-87-35, e-mail: lan2810@mail.ru

Анотація – в статті на підставі положень математичного аналізу розглянуто теоретичне обґрунтування амплітуди коливань сепаруючого робочого органу для виділення великих солом'ястих домішок і обірваних колосків з обчісаного вороху зернових культур.

Ключові слова – амплітуда коливань, сепаруючий робочий орган, математичний аналіз, обчісаний ворох, соломина, рівняння руху.

Постановка проблеми. Збирання зернових з використанням методу обчісування рослин на корені, як це довів професор Шабанов П. А. [1], має ряд переваг перед традиційним. Дана технологія може використовуватися в двох технологічних схемах, або шляхом навішування на комбайн замість жатки обчісуючого пристрою, або в стаціонарному варіанті. На наш погляд обчісування рослин в полі з доопрацюванням обчісаного вороху на стаціонарі є найбільш ефективним, про що свідчать роботи проф. Леженкіна О. М. [2, 3, 4]. У цьому випадку рослини обчісуються збиральною машиною, ворох збирається в візок і в міру його наповнення транспортується на стаціонар на доопрацювання. Першою операцією доопрацювання обчісаного вороху є його сепарація [5]. Однак, ворохоочисники, які випускаються промисловістю не справляються з поставленим завданням. У зв'язку з чим виникає проблема розробки і обґрунтування параметрів і режимів роботи сепаруючого робочого органу.

Аналіз публікацій. Збиранню методом обчісування на корені присвячено досить багато робіт [6-8]. Однак в цих роботах були головним чином обґрунтовані технологічні схеми, параметри і режими роботи обчісуючих пристроїв. Сепарації обчісаного вороху присвячено набагато менше робіт. В цьому напрямку заслуговують на увагу дві роботи. Дисертація Аблогіна М. М. [9] і дисертація Шкіндера В. М. [10]. Однак обидві ці роботи присвячені сепарації обчісаного вороху

рису, який докорінно відрізняється від обчісаного вороху зернових. Спроба використовувати сепаратор запропонований в роботі [9] на очищенні обчісаного вороху зернових не дало бажаного результату [11]. На наш погляд, для сепарації обчісаного вороху зернових найбільш доцільно використовувати очисник обчісаного вороху [12]. Однак режими його роботи обґрунтовані не в повній мірі.

Формулювання цілей статті. Теоретично обґрунтувати амплітуду коливань сепаруючого робочого органу.

Основна частина. Сепаруючий робочий орган (рис. 1) складається з сегрегатора 1 і решета 2. Сегрегатор являє собою суцільну металеву поверхню. На поверхні решета виконані круглі отвори для проходу зернової фракції.

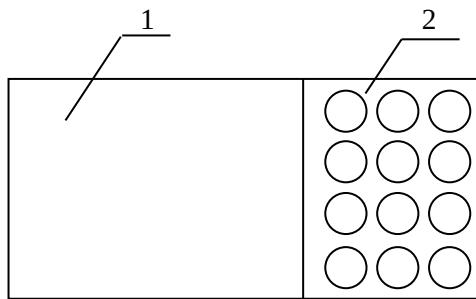


Рис. 1. Робочий орган для сепарації обчісаного вороху

Запропонований робочий орган функціонує наступним чином. Обчісаний ворох надходить на сегрегатор, який разом з решітним станом здійснює коливальний рух. За рахунок коливань солом'ясті частки переміщуються утворюють порожнечі, крізь які просівається зерно вниз і збирається в нижній частині зерносолом'ястого шару. Сегрегований шар надходить на

решето 2, де розділяється на дві фракції. Великі солом'ясті домішки і обірвані колоски йдуть сходом з решета, а зерно з дрібними домішками йде проходом.

Основним критерієм ймовірності просіювання зернівки крізь шар соломи є відстань між солом'яними, і чим вона більше, тим ймовірність просіювання вище, і тим самим сегрегація йде інтенсивніше. За один оборот ексцентрикового валу солом'янина спочатку переміщується вниз, а потім переміщується вгору. Результуюче переміщення за один оборот ексцентрикового вала дорівнює різниці переміщення соломини вниз і її переміщенню вгору.

Розглянемо вплив амплітуди коливань на процес переміщення соломини. Як уже зазначалося переміщення соломини вниз описується рівнянням [13]

$$\rho_{\text{вн}} = 2r[\cos(\alpha + \beta) + f\sin(\alpha + \beta)] + \frac{gt^2}{2}(\sin\alpha - f\cos\alpha), \quad (1)$$

де $\rho_{\text{вн}}$ – переміщення соломини вниз, м;

r – амплітуда коливань, м;

α – кут нахилу робочого органу, град.;

β – кут спрямованості коливань, град.;

f – динамічний коефіцієнт тертя соломини;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Продиференціюємо цей вислів по амплітуді r , за умови, що α , β і t постійні, в результаті отримаємо [14]

$$\frac{d\rho_{\text{вн}}}{dr} = 2 \cdot [\cos(\alpha + \beta) + f \sin(\alpha + \beta)] = \text{const}. \quad (2)$$

У такому випадку функція монотонно зростає. Її найменше значення буде в початковій точці досліджуваного діапазону, а найбільше значення в кінцевій точці діапазону.

Розглянемо рух соломини вгору, тобто залежність $\rho_{\text{вг}} = f(r)$. Рух соломини вгору описується рівнянням

$$\rho_{\text{вг}} = 2r[\cos(\alpha + \beta) - f \sin(\alpha + \beta)] - \frac{gt^2}{2}(\sin\alpha + f \cos\alpha).$$

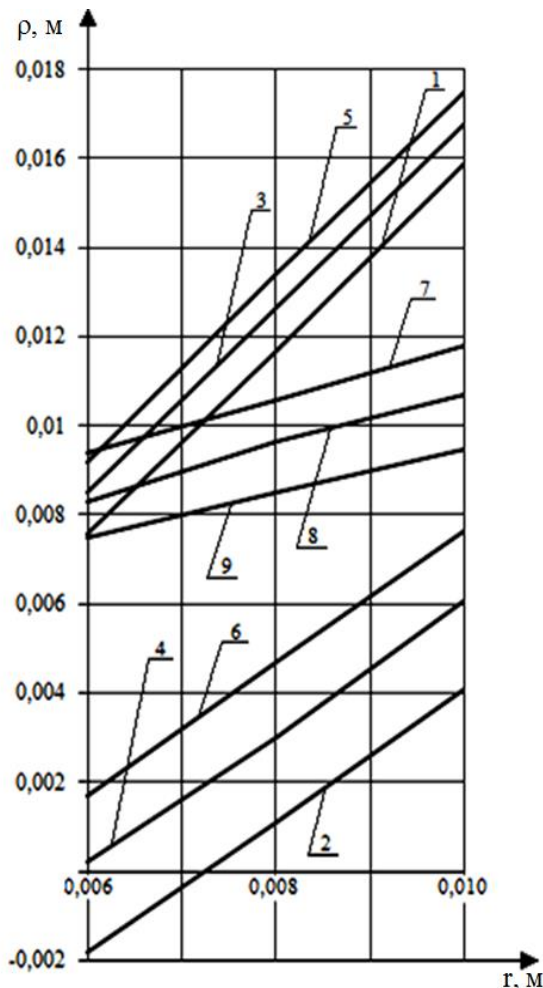


Рис. 2. Залежності переміщення соломини від амплітуди коливань за один оборот ексцентрикового вала, при різних частотах обертання
1, 2 і 7 — графіки залежностей $\rho_{\text{вн}} = f(r)$, $\rho_{\text{вг}} = f(r)$ і $\rho = f(r)$ при $\omega_1 = 45 \text{ c}^{-1}$; 3, 4 і 8 — графіки залежностей $\rho_{\text{вн}} = f(r)$, $\rho_{\text{вг}} = f(r)$ і $\rho = f(r)$ при $\omega_2 = 50 \text{ c}^{-1}$; 5, 6 і 9 — графіки залежностей $\rho_{\text{вн}} = f(r)$, $\rho_{\text{вг}} = f(r)$ і $\rho = f(r)$ при $\omega_3 = 55 \text{ c}^{-1}$

Візьмемо першу похідну від даного рівняння за амплітудою r

$$\frac{d\rho}{dr} = 2[\cos(\alpha + \beta) - f \sin(\alpha + \beta)] = \text{const} \quad (3)$$

В даному випадку функція також монотонно зростає. Найменше значення цієї функції на початку ділянки зліва, а найбільше значення в крайній правій точці.

Повне переміщення соломини здійснюється згідно рівняння

$$\rho = 4rf \sin(\alpha + \beta) + gt^2 \sin\alpha. \quad (4)$$

Якщо врахувати, що в нашому випадку α , β і t постійні, то перша похідна від переміщення по амплітуді коливань, тобто $\frac{d\rho}{dr} = \text{const}$.

$$\frac{d\rho}{dr} = 4f \sin(\alpha + \beta) = \text{const}$$

При повному переміщенні, так само, як і в попередніх двох випадках, тобто при русі соломини вниз і при русі соломини вгору функція $\rho = f(r)$ буде монотонно зростаючою, з найменшим значенням на початку досліджуваного інтервалу і найбільшим значенням в кінці інтервалу.

Геометричною інтерпретацією зроблених висновків є графіки функцій $\rho_{\text{вн}} = f(r)$, $\rho_{\text{вг}} = f(r)$ та

$\rho = f(r)$.

На рисунку 2 приведені графіки залежності переміщення соломини від амплітуди коливань за один оборот ексцентрикового вала $\rho_{\text{вн}} = f(r)$, $\rho_{\text{вг}} = f(r)$ та $\rho = f(r)$ при різних частотах його обертання.

Розглянемо рух соломини вниз. Графіки являють собою відрізки прямих. Найменші значення переміщення спостерігаються при амплітуді $r = 0,006$ м, у всьому частотному діапазоні. Так при частоті обертання ексцентрикового вала $\omega_1 = 45 \text{ с}^{-1}$ (графік 1) $\rho_{\text{вн}} = 0,0076$ м, при $\omega_2 = 50 \text{ с}^{-1}$ (графік 3) $\rho_{\text{вн}} = 0,0085$ м і нарешті при $\omega_3 = 55 \text{ с}^{-1}$ (графік 5) $\rho_{\text{вн}} = 0,0092$ м. Як видно з характеру протікання графіків зі збільшенням амплітуди коливань сепаруючого робочого органу переміщення вниз зростає і досягає максимального значення при амплітуді коливань $r = 0,01$ м. Найбільше значення переміщення вниз спостерігається при частоті обертання ексцентрикового вала $\omega_3 = 55 \text{ с}^{-1}$ (графік 5) $\rho_{\text{вн}} = 0,01754$ м, зі зменшенням частоти обертання ексцентрикового вала переміщення соломини вниз зменшується. Так при $\omega_2 = 50 \text{ с}^{-1}$ (крива 3) переміщення вниз дорівнює $\rho_{\text{вн}} = 0,0168$ м, а при $\omega_1 = 45 \text{ с}^{-1}$, $\rho_{\text{вн}} = 0,0159$ м.

При русі соломини вгору спостерігається таке явище, коли переміщення вгору має негативний знак, це говорить про те, що соломина рухається не вгору, а вниз (рис. 2, графік 2). Цей факт пояснюється тим, що сила інерції менше суми сили тертя і дотичної складової сили тяжіння. Тому соломина не може подолати сумарного впливу цих сил, тобто їх вектора спрямовані вниз. Однак при збільшенні частоти обертання ексцентрикового вала соломина починає рухатися вгору, тобто збільшується сила інерції, яка залежить від частоти в квадраті, тобто $P = m\omega^2 r \cos(\omega t)$. Найменше переміщення соломини спостерігається при амплітуді коливань $r = 0,006$ м. Зі збільшенням амплітуди коливань збільшується переміщення соломини вгору, ця тенденція спостерігається при всіх частотах.

Висновки.

1. В результаті теоретичних досліджень встановлено, що амплітуда впливає на переміщення соломини, при цьому ця залежність носить лінійний характер.

2. Виявлено, що функція $\rho = f(r)$ є монотонно зростаючою, тобто зі збільшенням амплітуди коливань повне переміщення соломини зростає, що призводить до поліпшення процесу сегрегації вільного зерна крізь шар соломи.

3. Найбільш раціональним режимом роботи сепаруючого робочого органу є амплітуда $0,01$ м.

Література

1. *Шабанов П. А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... д-ра техн. наук / *П. А. Шабанов.* – Мелитополь, 1988. – 336 с.
2. *Леженкин А. Н.* Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): дис... д-ра техн. наук / *А. Н. Леженкин.* – М., 2008. – 503 с.
3. *Леженкин А. Н.* Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая / *А. Н. Леженкин* // Механизация и электриф. сел. х-ва. – 2007. – №2. – С. 5-7.
4. *Леженкин А. Н.* Формирование стационарной технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств Украины / *А. Н. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2006. – [Вип. 40]. – С. 195-204.
5. *Леженкін І.* Доробка обчісаного вороху зернових на фураж / *І. Леженкін* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України; зб. наукових праць Українського наукового-дослідного інституту випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва – Дослідницьке, 2012. – Вип. 16 (30). – Кн. 1. Сільськогосподарська техніка ХХІ: конструювання, випробування, прогнозування. – С. 437-440.
6. *Гончаров Б. И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис... канд. техн. наук / *Б. И. Гончаров.* – М., 1982. – 217 с.
7. *Данченко Н. Н.* Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню: автореф. дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Данченко.* – Челябинск, 1983. – 15 с.
8. *Голубев И. К.* Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: дис... канд. техн. наук / *И. К. Голубев.* – М., 1989. – 201 с.
9. *Аблогин Н. Н.* Обоснование технологической схемы и параметров устройства для сепарации очесанного вороха риса: дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Аблогин.* – Мелитополь, 1997. – 215 с.
10. *Шкиндер В. Н.* Обоснование параметров и разработка молотильно-сепарирующего устройства перспективных рисоуборочных комбайнов: дис... канд. техн. наук / *В. Н. Шкиндер.* – Мелитополь, 1991. – 226 с.
11. *Кравчук В.* Результати польових випробувань експериментального очисника обчісаного вороху зернових / *В. Кравчук, І. Леже-*

нкін, І. Іваненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наукових праць Українського науково-дослідного інституту випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва. – Дослідницьке, 2013. – Вип. 17 (31). – Кн. 1. Сільськогосподарська техніка ХХІ: конструювання, випробування, прогнозування. – С. 313-320.

12. Пат. кор. мод. 93931 Україна. МПК В 07 В 1/22 (2006.01). Очисник обчисаного вороху / І. О. Леженкін (Україна). – №u201403942; заяв. 14.02.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.

13. Леженкин И. А. Усовершенствование уравнений движения компонентов очесанного вороха зерновых на поверхности плоского решета / И. А. Леженкин // Наука: многопроф. науч.-производств. журнал Констанайского инженерно-экономического университета. – Костанай, Республика Казахстан, 2014. – Т. 1. – С. 181-185.

14. Кудрявцев Л. Д. Математический анализ / Л. Д. Кудрявцев. – М.: Высшая школа, 1980. – Т. 1. – 788 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ СЕПАРАЦИИ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ

Леженкин И. А.

Аннотация – в статье на основании положений математического анализа рассмотрено теоретическое обоснование амплитуды колебаний сепарирующего рабочего органа для выделения крупных солоmistых примесей и оборванных колосков из очесанного вороха зерновых культур.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE AMPLITUDE OF OSCILLATIONS WORKING PART FOR SEPARATION COMBED HEAP OF CEREALS

I. Lezhenkin

Summary

In the article, based on the provisions of mathematical analysis, the theoretical justification of the amplitude of the oscillations of the separating working organ for isolating large straw impurities and ragged spikelets from a combed heap of grain crops is considered.

УДК 631.316

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Коломієць С. М., к.т.н.,

Вершков О. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-24-36

Анотація – у статті проаналізовано стан досліджень щодо екології механічного обробітку ґрунту, запропоновано використати функцію регулювання механічним обробітком як агротехнічних, так і фізичних параметрів ґрунту та наведено передумови екологічно безпечних прийомів механічного обробітку ґрунту з метою покращення екологічних властивостей орного горизонту, що сприятиме підвищенню його родючості.

Ключові слова – ґрунт, механічний обробіток, екологія, параметри ґрунту, родючість ґрунту, орний горизонт, кришення пласта, модель ґрунту, ґрунтоутворюючі фактори, механічне навантаження на ґрунт, фізика ґрунтів.

Постановка проблеми. Обробіток ґрунту є важливою ланкою у системі заходів з забезпечення високої культури землеробства. Відомо, що необхідними умовами для росту і розвитку рослин є нормальний водно-повітряний режим ґрунту, його оптимальні щільність і структура [1].

У даний час основним способом створення благоприємних для сільськогосподарських рослин властивостей ґрунту є його механічний обробіток з урахуванням місцевих особливостей ґрунтів і погодних умов.

Ґрунтово-кліматичні умови України характеризуються великою розмаїтістю. Загальними особливостями ґрунтів є недостатнє зволоження і прояв ерозійних процесів. Обробіток ґрунту повинен бути спрямований на покращення водопоглинаючої здібності ґрунту, збирання, збереження і раціональне використання ґрунтової вологи, запобігання вітрової і водної ерозій.

Інтенсивні системи землеробства, засновані на багатократних проходах по полю великих агрегатів, призвели до розширення зон вітрової і водної ерозій. Тому у середині ХХ століття в Україні отримали

розвиток ґрунтозахисні системи землеробства Н. К. Шикули і Ф. Т. Моргуна. Але і ці системи мають ряд недоліків. Обробіток ґрунту безвідвальними плугами і плоскорізами призводить до ущільнення ґрунту на значну глибину з утворенням «плужної підшви», яка сприяє зменшенню його пористості, руйнуванню капілярної системи, тим самим перешкоджаючи росту кореневої системи рослин, надходженню вологи з нижчерозташованих горизонтів.

До негативних наслідків переущільнення ґрунту слід віднести також погіршення температурного режиму та зниження біологічної активності ґрунту [2]. Ущільнений ґрунт сильніше нагрівається у денні години, а вночі швидко охолоджується. Через великі перепади температури і порушення газообміну порушується діяльність корисних ґрунтових організмів; знижується ефективність внесених у ґрунт добрив, оскільки ґрунтові бактерії недостатньо переводять азот у доступну для рослин форму [1]. Через схильність переущільнених ґрунтів з порушеною структурою до підвищеного брилоутворення не завжди забезпечується достатня якість кришення ґрунту.

Отже, можна зробити висновок, що родючість ґрунтів поступово знижується в значній мірі також через низьку якість роботи ґрунтообробних машин. Тому на часі екологізація механічного обробітку ґрунту шляхом надання йому функції забезпечення не тільки агротехнічних, але і фізичних параметрів ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. Значний внесок у розвиток основних питань теорії механічного обробітку ґрунту зробили праці В. П. Горячкіна, Г. Н. Синеокова, А. Н. Гудкова, М. Х. Пігулевського, Т. М. Гологурського, А. С. Кушнарєва та ін. Систематичні дослідження процесів різання ґрунту землерийними машинами А. Н. Зеленим, Ю. А. Ветровим, М. Т. Домбровським і іншими призвели до створення наукової дисципліни «Механіка ґрунтів», яка складає значний експериментальний і теоретичний матеріал з різання ґрунтів клиноподібними робочими органами. З аналізу досліджень і наукових праць можна зробити висновок, що на даний час не розроблена наукова теорія механічних процесів обробітку ґрунту, яка б мала бути запорукою забезпечення екологічної сталості орного горизонту. Тому актуальним є висловлювання академіка В. П. Горячкіна про те, що «вопрос о деформации пласта составляет камень преткновения для всякого рода теоретических исследований» [3].

Формулювання цілей статті. Ціль статті – запропонувати надання механічному обробітку функцію регулювання як агротехнічних, так і фізичних параметрів ґрунту та навести передумови екологічно безпечних прийомів механічного обробітку ґрунту, що забезпечить, через покращення екологічних властивостей орного горизонту, під-

вищення родючості ґрунту.

Основна частина. Як предмет, механіка ґрунтів вивчає закономірності взаємодії робочих органів ґрунтообробних машин з ґрунтом, з урахуванням фізичних процесів, що супроводжують деформацію і руйнування, тобто відокремлення стружки від моноліту пласта, з визначенням зовнішніх і внутрішніх сил та кінематичних параметрів руху зруйнованих частин ґрунтового пласта. Термін «разрушение почвы» був введений академіком В. П. Горячкіним [4]. Однак метою механічного обробітку ґрунту є не стільки руйнування моноліту пласта ґрунту, як створення благоприємних умов для отримання врожаю, тобто забезпечення відповідних значень параметрів стану ґрунту, а саме, структури, ступеня кришення і укладання ґрунтових елементів. За висловлюванням В. П. Горячкіна у ґрунті під дією робочих органів ґрунтообробних машин відбуваються процеси стружкоутворення, а метою механічного обробітку ґрунту є отримання необхідних параметрів стружки, тобто надання ґрунту дрібногрудковатості [4].

Як будь-яке фізичне тіло ґрунт має ряд механічних, фізичних властивостей і параметрів, пов'язаних з його механічним, мінералогічним, хімічним складом та походженням. Міцність, як одна з властивостей ґрунту, характеризує його здатність чинити опір деформації і руйнуванню під дією зовнішніх сил.

Фізичні параметри стану ґрунтів, а саме, механічний склад, вологість, структура, щільність, пористість, границя міцності при різних деформаціях і інші, є величини змінні, зміна і регулювання значень яких може відбуватися через обробіток ґрунту.

Механічний склад ґрунту визначається дисперсністю твердої фази, яка суттєво впливає на здібність структуроутворення ґрунту, тобто на здібність утворювати ґрунтові агрегати. Утворення структури відбувається під впливом різних факторів: дія кореневої системи рослин, зволоження і висихання, діяльність тварин і хробаків, наявність у ґрунті гумусу.

Механічний обробіток ґрунту при оптимальній вологості забезпечує високий структуроутворюючий ефект. Структурні ґрунти мають більш високі агробіологічні показники, краще забезпечують водний, повітряний і живильний режими, мають менший опір при обробітку ґрунту. Структурність ґрунту звичайно характеризують співвідношенням

$$C = \frac{M}{B} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де М – кількість фракцій від 0,25 до 7 мм;

В – кількість фракцій від 0,25 до 10 мм.

Таким чином, знання фізико-механічних властивостей і параме-

трів стану ґрунту дозволяє більш правильно вибирати для кожного ґрунту і його конкретного стану відповідний тип ґрунтообробної машини, параметри і режими роботи робочих органів.

Про необхідність знання фізики ґрунтів «для отыскания наиболее эффективных путей и приемов оптимизации почвенных условий жизни растений и полезных микроорганизмов» відзначає у своїх працях відомий вчений І. Б. Ревут [5]. Прикладом не врахування законів фізики ґрунтів є розроблена В. Р. Вільямсом травопільна система землеробства, тому її впровадження на великій території орних земель викликало безліч негативних процесів [6]. В. Р. Вільямс запропонував оранку з оборотом пласта відвальним плугом з передплужником. Він рахував, що верхній шар ґрунту поступово втрачає структуру, а структура більш глибоких горизонтів відновлюється кореневою системою культурних рослин, в першу чергу багаторічних трав; нижній оструктурений шар при зяблевій оранці піднімається вгору, а верхній як такий, що втратив структуру, скидається передплужниками униз.

Багато вчених відкидали положення про різке погіршення фізичних і агротехнічних властивостей верхньої частини орного шару і, навпаки, стверджували, що кращій родючості відповідають властивості верхнього шару. Досліди І. Б. Ревута довели, що на протязі вегетаційного періоду у верхній частині орного шару ґрунту, через вплив на нього сонячного світла, тепла, мікрофлори, кисню повітря, коренів однорічних рослин, створюються більш благоприємні фізичні і агрохімічні умови, ніж у нижньому шарі. Завдяки цьому досить швидко була впроваджена більш прогресивна система безвідвального обробітку ґрунту та знята заборона на застосування у рільництві фрезерних і ротаційних машин.

З подальших досліджень вчених були зроблені висновки: фрезерування забезпечує більш досконале кришення ґрунту, ніж відвальний плуг та створює благоприємні умови для життєдіяльності мікроорганізмів; перемішування усіх шарів ґрунту фрезою підвищує родючість орного шару [7, 8].

З досліджень вітчизняних та закордонних вчених, щодо впливу оранки ротаційним плугом на фізичні та агробіологічні властивості ґрунту, отримані висновки [9]:

- забезпечується більш якісний обробіток ґрунту;
- ротаційний плуг успішно працює незалежно від погодних умов;
- не створюється ущільнена підшва, що убезпечує негативний вплив на урожай.

Важливе значення для визначення і корегування впливу механічного обробітку на ґрунт, у тому числі і його екологію, має вибір роз-

рахункової моделі ґрунту, яка б найбільш повно відповідала властивостям реального ґрунту. Так як ґрунт у природному стані не є монолітним, а має складну будову, то вибір розрахункової моделі, котра давала б можливість прогнозувати його реакцію на зовнішні силові впливи, є досить складним. У механіці ґрунтів прийнято допускати деякі спрощення: усе різноманіття моделей ґрунтів можна звести до двох основних моделей: суцільного і дискретного середовища [10].

Прийнято вважати, що суцільне середовище безперервно заповнює розглядану частину простору. Щільність ρ такого середовища визначають як границю відношення маси Δm , що міститься у деякому об'ємі Δv , до величини цього об'єму, коли він прямує до нуля

$$\rho = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta v}. \quad (2)$$

Дослідження В. П. Горячкіна з «теорії розрушення почvy» базуються на уявленні ґрунту як суцільного середовища з ізотропними властивостями і не відбивають будову і властивості реального ґрунту, а виведена ним раціональна формула сили тяги плуга не розкриває фізичної суті процесів різання ґрунту [3]. Очевидно, що уявлення про суцільне середовище суперечить даним про дисперсну структурну будову реального ґрунту. Але, не зважаючи на цю суперечність, модель суцільного середовища широко використовується в механіці ґрунтів, так як це значно спрощує математичний опис законів руху деформованого ґрунту. Проте, у сучасній модернізованій суцільній моделі ґрунту враховуються властивості пористості і багатофазності будови ґрунту, як у нескінченно малому об'ємі, так і у скінченному об'ємі, а її поведінка підкорюється законам механіки суцільного середовища.

Дискретне середовище уявляється у вигляді системи безлічі окремих мікроскопічних і макроскопічних часток, зв'язаних між собою міжагрегатними зв'язками. Через це у дискретних середовищах під впливом зовнішнього навантаження треба враховувати деформації скелета і водноповітряних фаз, що заповнюють пори. Дискретні моделі більш відповідають властивостям реальних ґрунтів, але моделі суцільного середовища мають перевагу у вигляді простоти виконання розрахунків. Поведінку дискретного середовища вивчає статистична механіка на основі теорії ймовірностей і математичної статистики. Однак питання деформації ґрунтів, як дискретних середовищ, та її впливу на екологічні властивості ґрунтів на даний час ще недостатньо відображені у науковій літературі.

Через погіршення екологічного стану землеробства ще у ХХ столітті у багатьох країнах проходили дослідження і випробування нові ґрунтозахисні технології, основу яких складали: зменшення до мінімуму кількості і глибини обробітків ґрунту, регулювання стоку

дощової і талої води, незагортання частини стерні з метою підвищення ерозійної стійкості поверхні поля. Однак дослідження показали, що не всі нові технології можуть розв'язати проблему екологізації землеробства.

Механічний обробіток ґрунту, який складає основу усіх технологій, через двоякий характер впливу на ґрунт може бути причиною погіршення екологічного стану ґрунту. З одного боку, механічний обробіток ґрунту, для забезпечення благоприємних умов росту рослин, повинен надавати оброблюваному шару ґрунту оптимальне кришення і будову, а з другого – призводить до руйнування структури ґрунту, порушення повітряної і водної рівноваги під час обробітку перезвожених або пересохлих ґрунтів, посилення мінералізації органічних речовин. Таким чином, механічний обробіток, в залежності від способу, глибини і періодичності обробітку, є потужним джерелом регулювання як ґрунтоутворюючих, так і ґрунторуйнуючих процесів.

Під екологією орного горизонту маємо на увазі ступінь відхилення фізичних і агробіологічних параметрів ґрунту, через механічні впливи, від оптимальних параметрів вимог життєдіяльності сільськогосподарських рослин. Очевидно, що екологізація механічного обробітку передбачає посилення ґрунтоутворюючих факторів, а саме:

- забезпечення необхідної будови обробленого шару: розсипчастого верхнього та ущільненого нижнього ложа для насіння;
- оптимальне кришення ґрунту зі збереженням оптимальної щільності укладання обробленого шару ґрунту;
- збереження і накопичення ґрунтового гумусу;
- розуцільнення орного і підорного горизонтів ґрунту;
- збільшення шару ґрунту, що займають корені рослин;
- забезпечення оптимальних умов для життєдіяльності живого ґрунтового середовища: мікрофлори і мікрофауни;
- максимальний супротив ерозійним процесам: змиву і видування родючого шару ґрунту.

Подальші інтенсифікація і енергонасиченість землеробства неминуче ведуть до посилення навантаження на орний шар ґрунту та погіршення його екологічного стану, що, у кінцевому підсумку, призведе до погіршення родючості ґрунту. Надмірний механічний обробіток ґрунту є головною причиною порушення природних природоохоронних процесів з саморегулювання потенційної родючості ґрунту.

Негативний вплив механічного обробітку ґрунту на екологічні властивості орного горизонту посилюється тим, що кришення пласта майже всіма робочими органами сучасних ґрунтообробних машин досягається в основному за рахунок деформації стиску, при якій потребується у 10...20 разів більше зусилля, ніж при розтягу або зсуві [11].

Зрозуміло, що негативний вплив від механічного обробітку на екологічні властивості ґрунту може бути не меншим, ніж від ущільнення ґрунту рушіями мобільних сільськогосподарських машин. Тому виникає необхідність встановлення критеріїв екологічно безпечного механічного навантаження на ґрунт. Однак, поки що не визначено, які оціночні показники механічного обробітку повинні складати основу екологічних критеріїв. Тому, з метою покращення екологічної сталості орного шару ґрунту, враховуючи досвід попередніх наукових досліджень і розробок, можна на сьогодні лише орієнтовно окреслити передумови екологічно безпечних прийомів механічного обробітку ґрунту, а саме:

- майже повсякчас проводити оранку без обороту пласта;
- відвальну оранку проводити періодично з інтервалом у 2...3 роки;
- періодично з інтервалом у 3...4 роки, проводити глибоке пушення орного і підорного шарів ґрунту з метою ліквідації «плужної підшви» та покращення надходження вологи з нижчєрозташованих горизонтів;
- зменшувати, при можливості, глибину і число інтенсивних обробітків ґрунту, наприклад, шляхом заміни оранки мілким передпосівним обробітком;
- проводити мульчування поверхні поля, залишаючи незагорнену частину стерні, ґрунтові грудки, рослинні залишки;
- вести пошук нових форм знарядь, які б мали працювати без використання деформації стиску, але з використанням деформації розтягу, зсуву або кручення.

Висновки. Наведені у статті теоретичні положення щодо екологічно безпечних прийомів механічного обробітку ґрунту, що враховують фізичні та агробіологічні параметри ґрунту, можуть бути використані у подальшому при розробці новітніх безпечних прийомів обробітку ґрунту та у нових конструкціях ґрунтообробних машин, що підвищать якість їхньої роботи.

Література

1. Физические факторы в растениеводстве / М. Ф. Трифонова, О. В. Бляндур, А. М. Соловьев и др. – М.: Колос, 1998. – 352 с.
2. Бабаков В. П. Глубокое рыхление почв / В. П. Бабаков // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. – №1. – С. 130-135.
3. Горячкин В. П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин. – Т. 1. – Общая теория орудий. – М.: Колос, 1965. – 192 с.
4. Горячкин В. П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин. – Т. 2. Теория разрушения почв. – М.: Колос, 1965. – 258 с.
5. Ревут И. Б. Физика почв / И. Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. –

368 с.

6. *Вильямс В. Р.* Основы земледелия: сб. соч. / *В. Р. Вильямс.* – М., 1948. – 502 с.

7. *Панов И. М.* Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы / *И. М. Панов, Н. М. Орлов* // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – №8. – С. 27-30.

8. *Ревут И. Б.* Фрезерная обработка почвы и ее влияние на биологическую активность: сб. тр. АФИ / *И. Б. Ревут, Л. Д. Козлова.* – Л.: Колос, 1967. – С. 16-19.

9. *Седнев Н. А.* Анализ работы ротационного рыхлителя / *Н. А. Седнев* // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – №4. – С. 12-14.

10. *Гольдштейн М. Н.* Механические свойства грунтов / *М. Н. Гольдштейн.* – М.: Стройиздат, 1976. – 375 с.

11. *Гуков Я. С.* Обробіток ґрунту. Технологія і техніка / *Я. С. Гуков.* – К.: Нора-Прінт, 1999. – 280 с.

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Коломиец С. М., Вершков А. А.

Аннотация – в статье проанализировано состояние исследований по экологии механического возделывания почвы, предложено использовать функцию регулирования механической обработки как агротехнических, так и физических параметров почвы и приведены предпосылки экологически безопасных приемов механической обработки почвы с целью улучшения экологических свойств пахотного горизонта, что будет способствовать повышению его плодородия.

GREENING MECHANICAL TILLAGE

S. Kolomiyets, A. Vershkov

Summary

The article analyzes the state of research on the ecology of the mechanical cultivation of the soil, it is proposed to use the function regulirovania machining as agronomic and physical soil parameters and the preconditions of environmentally friendly techniques of mechanical treatment of soil to improve the ecological properties of arable horizon, which will increase its fertility.

УДК 631.312.32:001.57

ДІАГНОСТИКА НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Дюжаєв В. П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-72, e-mail: vdyuzaev@i.ua

Анотація – в роботі розглянуто та апробовано методику розпізнавання нелінійних стохастичних коливальних систем на прикладі дослідження динаміки взаємодії корпусу плуга на пружній підвісці з ґрунтом, що ґрунтується на результатах експериментів в умовах нормального функціонування системи.

Ключові слова – ідентифікація, динаміка взаємодії, вібраційний обробіток ґрунту.

Постановка проблеми. Важливе коло питань, які виникають у механічних системах, що призначені для створення корисних вібрацій, є виникнення флуктуаційних переходів або стрибків з одного стаціонарного стану в інший. Урахування вимушених збурень, які реально діють у вібраційних машинах, необхідно у випадку рішення задач оптимізації робочих режимів та оптимізації параметрів машин у зв'язку з тим, що оптимальні характеристики руху досягаються на кордоні області існування періодичного руху. З метою правильного складання математичної моделі динамічної системи корпус плуга – ґрунт, або визначення кордонів області стійкості системи, або визначення головного джерела вібрацій, необхідно виконати задачу ідентифікації випадкових коливань, яка виникає при діагностиці коливальних систем.

Аналіз останніх досліджень. В роботі М. Ф. Діментберга [1] розглядаються коливання системи з жорсткою кубічно нелінійною силою, що відновлює при вузькополосному випадковому збудженні, також вивчається вплив випадкових флуктуацій власної частоти системи з періодичним зовнішнім збудженням на середню амплітуду коливної системи, також розглянуто систему з періодичним параметричним та випадковим зовнішнім збудженням, також вивчаються коливання квазілінійної системи, що одночасно збуджується зовнішніми та періодичними випадковими збудженнями.

Формулювання цілей статті. В роботі поставлено задачу на основі дослідження динамічної системи в умовах нормального функ-

ціонування визначення належності об'єкту дослідження до коливальної системи того чи іншого типу.

Основна частина. Для рішення цієї задачі необхідно мати статистичний критерій розпізнавання систем різноманітного типу. Автором [1] рекомендовано визначати належність коливальної системи до автоколивальних, або вимушених, або параметричних коливань за допомогою критерію щільності вірогідності квадрата амплітуди процесу, що досліджується. В деяких випадках можливість ідентифікації виду коливальних систем вдається виконувати тільки на основі спостережень тривалої реалізації процесу. Загальне число N точок вимірів повинно бути вибраним достатньо великим, інакше можливо випустити ділянку немонотонності. Також при достатньо густому розміщенні точок вимірів послідовність вимірів значень функції практично завжди буде немонотонною у зв'язку з похибками вимірів. З метою оптимального вибору точок вимірів М. Ф. Діментбергом рекомендовано евристичний алгоритм під назвою «критерій значимої різниці» [1]:

- вибирається достатньо велике число N точок вимірюваннях і таким чином, щоб наявність ділянок немонотонності функції $P(x)$ в рамках кожного з підінтервалів $(x_{i+1} - x_i)$, $i = 1, \dots, N$ можливо вважати маловірогідним;

- визначаються послідовні різниці $(p_i - p_{i+1})$ значень функції $p_j = p(x_j)$, $j = 1, \dots, N$. Різниця вважається значущою, коли $[p_j - p_{j+1}] > c \cdot p_j$, де c – прийнятий поріг точності (прийнятий $c = 5\%$);

- якщо різниця пари значень (p_k, p_{k+1}) не буде значущою $(p_k - p_{k+1}) < c \cdot p_k$, то відповідні точки вимірів об'єднуються: визначається середнє значення $1/2(p_k - p_{k+1})$, яке порівнюється з сусідніми значеннями функції p_{k+1} и p_{k+2} ;

- в результаті послідовного об'єднання будується нова послідовність значень функції p'_k , $k = 1, \dots, M$ ($M < N$), усі члени якої відповідають умові значущої різниці;

- рішення про наявність або відсутність властивості монотонності функції $P(x)$ виноситься на основі результатів перевірки наявності або відсутності цієї властивості у нової послідовності P'_k .

Таким чином для побудови математичної моделі коливального процесу методом ідентифікації необхідно:

- 1 – записати реалізації вихідного процесу – тягового опору робочого органу в умовах нормального функціонування;

- 2 – обробити інформацію, отримавши в результаті статистичну характеристику процесів – щільність вірогідності квадрату амплітуди;

- 3 – у відповідності критерію розпізнавання визначити до якого типу коливальних систем відноситься процес, що досліджується.

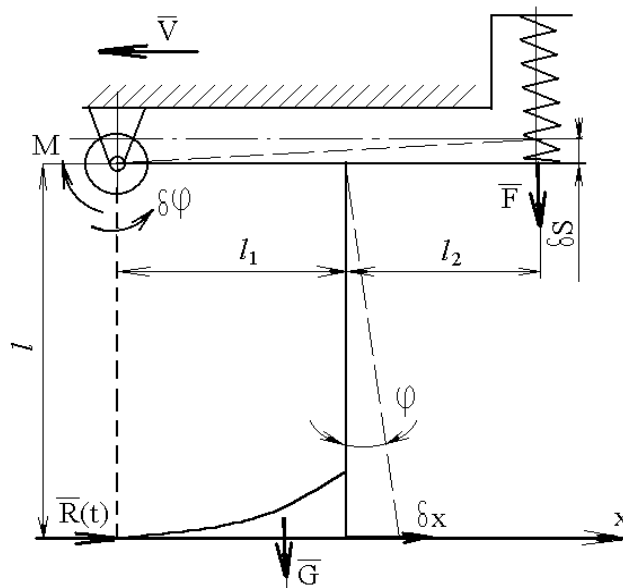


Рис. 1. Схема взаємодії корпусу плуга з ґрунтом

Розглянемо корпус плуга як динамічну систему, на вхід якої поступає випадкова дія, що обумовлена опором ґрунту. Результат цієї дії – реакція системи у вигляді тягового опору. Аналіз спектральної щільності реалізацій опору ґрунту $y(t)$ та тягового опору робочого органу $x(t)$ показав, що опір ґрунту є широкополосним процесом порівняно з характерною шириною спектру коливального процесу на виході системи [2]. В роботі [3] автором рекомендовано розрізняти типи коливальних систем за допомогою відмінності в щільності вірогідності амплітуди процесів, що досліджуються, враховуючи, що амплітуди випадкових коливань лінійних систем підпорядковуються розподілу Релея, але при автоколиваннях квазілінійних систем з одним ступенем волі з малими випадковими діями амплітуда коливань розподілена по гаусовському закону. Розглянемо можливі механізми збудження коливань системи, що досліджується. В результаті експериментального дослідження оброблено реалізації опору ґрунту і реалізації тягового опору робочого органу та отримано щільність вірогідності квадрата амплітуди, яка згладжується у відповідності «критерію значимої різниці». Щільність вірогідності $W(V)$ квадрата амплітуди визначається експоненціальною залежністю

$$w(V_i) = \frac{1}{2\sigma^2} \exp\left(-\frac{V_i}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

де σ^2 – дисперсія процесу;

$V_i = A_i^2$ – квадрат амплітуди процесу $x(t)$.

Рішення про належність системи до того чи іншого класу вибираємо по результатам перевірки послідовності, що отримано, на монотонність. Необхідною умовою відсутності автоколивань є властивість

убування знайденої функції $W(V_i)$. Інформація про властивості об'єкту збирається по результатам нормального функціонування, коли він піддається дії природних збурень. Перевіряємо до якого виду належить процес, що досліджується до вимушених коливань або до автоколивань, що збуджені випадковою дією.

Для цього скористуємося критерієм монотонності функції $W(V)$. В якості ознаки використаємо різницю в щільності вірогідності квадрата амплітуди процесу $x(t)$.

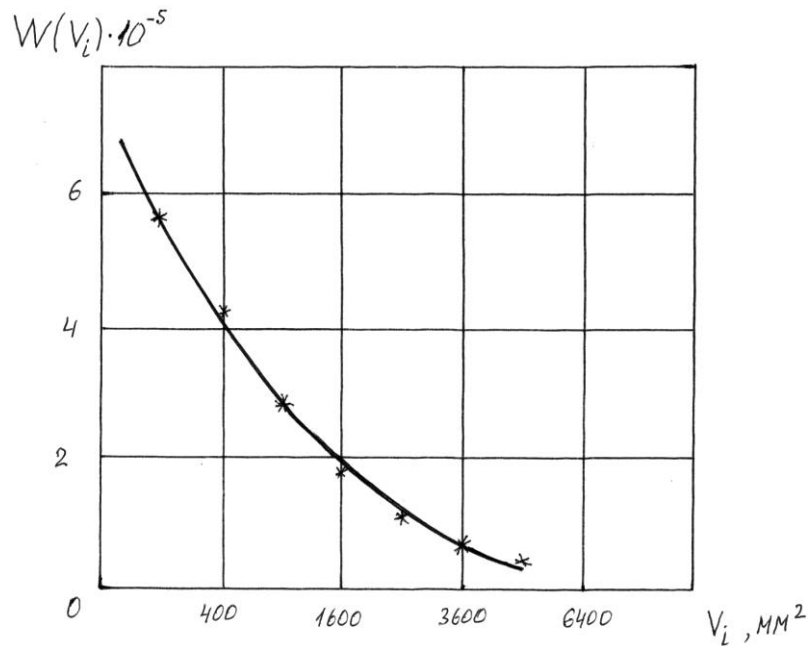


Рис. 2. Графік щільності вірогідності квадрату амплітуди $W(V_i)$ тягового опору корпусу плуга

Якщо щільність вірогідності $W(V_i)$ процесу $x(t)$ має інтервал зростання на полу осі $x > 0$ це означає, що процес є автоколивальним, якщо щільність вірогідності має властивість спадання функції $W(V_i)$, процес $x(t)$ викликано винятково дією випадкових збурень.

Висновки. Результати якісної ідентифікації процесу, що досліджується (рисунок 2), визначають, що процес коливань тягового опору корпусу плуга відноситься до систем з випадковим зовнішнім збуренням.

Література

1. Диментберг М. Ф. Нелинейные стохастические задачи механических колебаний / М. Ф. Диментберг. – М.: Наука, – 1980. – 368 с.

2. Дюжаев В. П. Экспериментальное исследование корпуса плуга на упругой подвеске / В. П. Дюжаев. – Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2008. – Вип. 8, т. 4. – С.88-95.

З. Рытов С. М. Введение в статистическую радиофизику / С. М. Рытов. – М.: Наука, 1966. – 123 с.

ДИАГНОСТИКА НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Дюжаев В. П.

Аннотация – в работе рассмотрены и апробирована методика распознавания нелинейных стохастических колебательных систем на примере исследования динамики взаимодействия корпуса плуга на упругой подвеске с почвой, основанное на результатах экспериментов в условиях нормального функционирования системы.

DIAGNOSTICS OF NONLINEAR VIBRATION SYSTEMS

V. Dyuzhayev

Summary

We consider the recognition and tested method of nonlinear stochastic oscillatory systems for example to study the dynamics of interaction plowing on an elastic suspension with soil that is based on the results of experiments in conditions of normal operation of the system.

УДК. 631.55

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ТРАНСПОРТЕРНИХ СТІЧОК

Дереза О. О., к.т.н.,

Дереза С. В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-24-36, e-mail: elena-dereza@mail.ru

Анотація – дано аналіз роботи стрічки транспортера під час розгону.

Ключові слова – приведена маса, розподілені та зосереджені маси, повздовжня жорсткість стрічки, модуль пружності.

Постановка проблеми. Найпоширенішим засобом безперервного транспорту для різних насипних і поштучних вантажів є стрічкові транспортери. Основним тяговонесучим елементом є транспортерна прогумована стрічка, яка володіє певною пружністю та жорсткістю. У процесі розгону двигуна в тяговому органі виникають динамічні навантаження, розмір яких, головним чином, залежить від надлишкової сили або тривалості пуску. Тому стрічка повинна мати певні пружні властивості.

Постановка завдання. При розрахунку стрічкових конвеєрів, як правило, основні розрахункові зусилля визначаються із статичних умов їх роботи. Між тим для конвеєрів, у яких маса частин, що рухаються співмірна з масою привода, розміри вузлів часто визначаються не статичним, а динамічним навантаженням.

Під впливом зовнішньої сили макромолекули гуми витягаються пропорційно величині прикладеного зусилля. При малих деформаціях, коли зв'язок напруження – пружна деформація можна вважати лінійним, користуються законом Гука $\sigma = E\varepsilon$, $\tau = G\gamma$. При значних розтягуваннях спостерігається нелінійне зростання твердості. У цьому випадку модуль пружності можна визначити лише в диференціальній формі. Цей розрахунок досить складний, тому на практиці використовуються наближені розрахунки.

Основна частина. Для динамічного аналізу транспортера складено розрахункову схему, замінивши транспортер механічною моделлю, складеної з дискретних мас, пов'язаних пружними ланками.

Реальний механізм замінимо еквівалентною схемою, що володіє таким же ланками, має такий самий енергетичний запас, як і реальна система. Задача розрахунку зведеться до розрахунку приведеної системи, що складається з розподілених і зосереджених мас. Розподілені маси системи відповідають частинам транспортера, що рухаються поступально, а зосереджені – масам приводу з барабанами [1].

Реальну схему транспортера (рисунок 1) замінюємо приведеною (рисунок 2), що складається з числа безліч розподілених і двох зосереджених мас. Місцем приведення зосереджених мас обрані точки набігання стрічки на приводний і натяжний барабани.

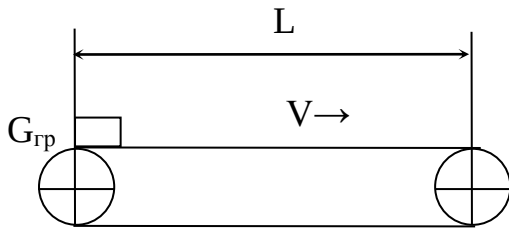


Рис. 1. Схема транспортера

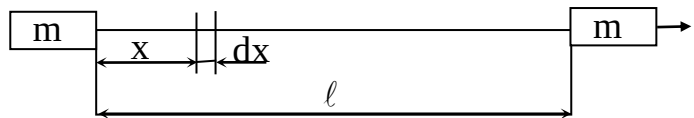


Рис. 2. Приведена схема транспортера

Маса m_1 є сумою приведених мас обертової частини двигуна, муфти і приводного барабана, маса m_2 складається з приведених мас вантажу і натяжного барабана. Ведуча m_1 і ведена m_2 маси з'єднані пружним елементом із масою q .

У момент початку руху маси m_1 система знаходиться в спокої і навантажена силою статичного опору конвеєра W_0 . Система починає рухатися за допомогою сили W і відчуває опір із боку сили W_0 . Для виходу системи зі стану спокою необхідно, щоб сила W була більше W_0 , тоді $W - W_0 = F_0$ являє собою надлишкову силу

$$F_0 = \frac{2 \cdot M_n \cdot i}{D_\delta} \cdot \eta - W_0, \quad (1)$$

де M_n – пусковий момент двигуна (максимальний), Н·м;

i – передатне число механізму;

D_δ – діаметр барабана, м;

W_0 – сила статичного опору руху стрічки, Н.

Дослідження процесу розгону будемо проводити при таких допущеннях:

- 1) відсутнє тертя в натяжному барабані;
- 2) нехтуємо подовженням стрічки;
- 3) в жодній із точок по довжині стрічки натяг у період пуску не падає до нуля;

4) система консервативна, що дозволяє враховувати загасання коливань від внутрішніх і зовнішніх сил;

5) на систему впливає постійна сила F_0 , що збурюється, яка дорівнює по розміру початковому значенню надлишкової сили.

У період розгону система описується хвилястим рівнянням

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad (2)$$

де u – переміщення перетинів стрічки;

t – поточний час;

x – координата положення перетину;

$\frac{\partial u}{\partial x}$ – відносна подовжня деформація стрижня, що залежить від по-

ложення перетину x і змінюється з часом t ;

$\frac{\partial u}{\partial t}$ – швидкість при пружному зсуві;

$a = \sqrt{\frac{E}{q}}$ – швидкість поширення пружної хвилі обурення в стрічці,
м/с;

E – подовжня жорсткість стрічки, Н;

q – маса стрічки, кг/м.

$$q = \frac{\frac{q'_p + q''_p}{2} \cdot l \cdot k + q_{st} \cdot l}{g \cdot l} \text{ кг/м}, \quad (3)$$

або

$$q = \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{q'_p + q''_p}{2} \cdot k + q_{st} \right),$$

$\frac{q'_p + q''_p}{2} \cdot l \cdot k$ – вага обертових частин роликоопор робочої і неробочої гілок транспортера, Н;

$q_{st} \cdot l$ – вага стрічки;

q'_p, q''_p – вага обертових роликоопор робочої і неробочої гілок, Н/м;

q_{st} – потокова вага стрічки, Н/м;

g – прискорення сили ваги, м/с²;

k – коефіцієнт участі обертових частин роликоопор у динаміці,
 $k = 0,8$.

Для рішення рівняння (2) прийняті такі початкові і граничні умови:

1) для першого періоду:

$$\text{при } t=0 \quad u = 0 \quad \frac{\partial u}{\partial t} = 0; \quad (4)$$

$$\text{при } x = 0 \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 0; \quad (5)$$

$$\text{при } x = l \quad \alpha_1 \cdot q \cdot l \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = F_0 - E \cdot \frac{\partial u}{\partial x}, \quad (6)$$

де $\alpha_1 = \frac{m_1}{q \cdot l}$ – відношення маси m_1 до маси стрічки $q \cdot l$.

$$m_1 = \frac{\beta_1 (G \cdot D^2)_h \cdot i^2}{D_o^2}, \quad (7)$$

де $(G \cdot D^2)_h$ – маховий момент обертових мас вала двигуна, кг·м²;

β_1 – коефіцієнт, що враховує маси валів, передач і приводного барабана, $\beta_1 \approx 1,1$.

2) для другого періоду:

при $t = t_0$

$$(u)_{t_0} = \frac{F_0}{E} \cdot \left\{ x - \alpha_1 \cdot l \left[1 - \exp \left(-\frac{x}{\alpha_1 \cdot l} \right) \right] \right\}, \quad (8)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)_{t_0} = \frac{F_0}{E} \cdot a \cdot \left[1 - \exp \left(-\frac{x}{\alpha_1 \cdot l} \right) \right], \quad (9)$$

при $x = 0$

$$\alpha_2 \cdot q \cdot l \cdot \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} = E \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x}, \quad (10)$$

при $x = l$

$$\alpha_1 \cdot q \cdot l \cdot \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} = -E \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x}, \quad (11)$$

де u_1 – переміщення перетинів стрічки при її власних коливаннях;

$\alpha_2 \cdot \frac{m_2}{q \cdot l}$ – відношення приведеної маси m_2 до маси стрічки.

У результаті рішення рівняння (2) отримані формули для визначення максимального зусилля в точці набігання стрічки на приводний барабан:

1) для першого періоду

при $x = l$

$$F_d = F_0 \cdot \left[1 - \exp \left(-\frac{a \cdot t}{\alpha_1 \cdot l} \right) \right], \quad (12)$$

в окремому випадку при $t = t_0 = \frac{l}{a}$ і $x = l$

$$F_d = F_0 \cdot \left[1 - \exp \left(-\frac{1}{\alpha_1} \right) \right], \quad (13)$$

2) для другого періоду динамічне зусилля в стрічці від власних і змущених коливань $x = l$

$$F_c = F_0 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} L_n \cdot (A_n \cdot \sin \nu_n \cdot t + B_n \cdot \cos \nu_n \cdot t) \quad (14)$$

$$F_e = F_0 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} K_{II} \cdot (1 - \cos \nu_n \cdot t) \quad (15)$$

Підсумувавши рівняння (14) і (15), отримуємо вираз у вигляді ряду:

$$F'_{\partial un} = F_0 \sum_{n=1}^{\infty} [L_n \cdot A_n \cdot \sin \nu_n \cdot t + (L_n \cdot B_{II} - K_{II}) \cdot \cos \nu_n \cdot t + K_{II}] \quad (16)$$

де

$$L_{II} = \frac{2 \cdot (\sin \delta_n + \alpha_2 \cdot \delta_n \cdot \cos \delta_n)}{\delta_n \cdot (1 + \alpha_2^2 \cdot \delta_n^2) + \frac{\sin 2\delta_n}{2} \cdot (\alpha_2^2 \cdot \delta_n^2 - 1) + 2 \cdot \alpha_2 \cdot \delta_n \cdot \sin^2 \delta_n} \quad (17)$$

ν_{II} – частота власних коливань системи

$$\nu_{II} = \frac{a \cdot \delta_n}{l}, \quad (18)$$

δ_n – власне число

$$t_g \cdot \delta_n = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2) \delta_n}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \delta_n^2 - 1}, \quad (19)$$

$$A_n = -\frac{\delta_n \cdot (\alpha_1 + \alpha_2)}{1 + \delta_n^2 \cdot \alpha^2}, \quad (20)$$

$$B_{II} = \delta_n \cdot \left[\frac{E_1 \cdot \delta_{II} (\alpha_1 + \alpha_2)}{1 + \alpha_1^2 \cdot \delta_{II}^2} - \alpha_2 \cdot \sin \delta_n - \frac{1 - \cos \delta_n}{\delta_n} \right], \quad (21)$$

$$K_{II} = \frac{(\alpha_2^2 \cdot \delta_{II}^2 - 1) \cdot \sin 2\delta_n - 2 \cdot \alpha_2 \cdot \delta_{II} \cdot \cos 2\delta_{II}}{\delta_n (1 + \alpha_2^2 \cdot \delta_n^2) + \frac{\sin 2\delta_{II}}{2} \cdot (\alpha_2^2 \cdot \delta_{II}^2 - 1) + 2 \alpha_2 \cdot \delta_n \cdot \sin^2 \delta_n} \quad (22)$$

Для практичних розрахунків, як показали дослідження, максимальне значення $F_{\partial un}$ можна визначити по формулі

$$F''_{\partial un} = F_0 \cdot \left[\sqrt{L_1^2 \cdot A_1^2 + (L_1 \cdot B_1 - K_1)^2} + K_1 \right], \quad (23)$$

Т.ч., розрахунок максимальних динамічних зусиль стрічково-пруткових конвеєрів можна робити по формулі (12) (при $t_p < \frac{l}{a}$) і (16)

або (23) (при $t_p > \frac{l}{a}$).

Висновки. Запропонована методика визначення максимального навантаження, що діє на робочий орган транспортера з урахуванням ваги транспортера. Отримані результати дозволяють розробити інженерну методику розрахунку стрічкового транспортера.

Література

1. Потураев В. Н. Прикладная механика резины. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. Н. Потураев, В. И. Дырда, И. И. Круш. – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.

2. Ярошевич Т. С. Дослідження пуску вібраційної машини з дебалансним приводом / Т. С. Ярошевич // Вісн. Нац. ун-ту Львівська

політехніка. – 2007. – №557. – С. 94-102.

3. Вейнц В. Л. Динамические расчеты приводов машин / В. Л. Вейнц. – Л.: Машиностроение, 1971. – 215 с.

4. Струтинський С. В., Гуржій А. А. Експериментальне визначення динамічних характеристик та побудова на їх основі математичної моделі просторової системи приводів / С. В. Струтинський, А. А. Гуржій // Технологічні комплекси: міжнар. наук. журнал. – 2013. – №1 (7) – С. 10-18.

5. Ярошевич Т. С. Порівняльний аналіз динаміки вібраційної машини з дебалансним збудником коливань за різних характеристик двигуна [Електронний ресурс] / Т. С. Ярошевич. – Режим доступу: http://vlp.com.ua/files/05_60.pdf.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ЛЕНТ

Дережа Е. А., Дереза С. В.

Аннотация – в статье дан анализ работы ленты транспортера во время разгона.

STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS TRANSPORT RIBBONS

H. Dereza, S. Dereza

Summary

The article gives an analysis of the work of the conveyor belt during acceleration.

УДК 577.3:631.531]:634.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КАЛІБРУВАННЯ НАСІННЯ ВИШНІ

Бондаренко Л. Ю., к.т.н.,

Вершков О. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (06192) 42-24-36

Анотація – наведено результати експериментальних досліджень процесу калібрування насіння вишні. Отримано математичну модель та оптимальну область протікання процесу. Встановлено раціональні режими, які забезпечать якісне калібрування насіння плодових кісточкових культур.

Ключові слова – експериментальні дослідження, калібрування, посівний матеріал, моделювання процесу, сортування, оптимальна область.

Постановка проблеми. Якість процесу калібрування посівного матеріалу плодових кісточкових культур залежить від ефективності розділення насіння на однорідні за розмірами фракції, яка, у свою чергу, залежить від оптимальних режимів роботи установки для калібрування.

Аналіз існуючих конструкцій решіт сортувальних і калібрувальних машин [8], а також пристроїв для очищення решіт [4] дозволив встановити, що для здійснення процесу калібрування доцільно використовувати плоске штамповане решето із коливальним рухом за допомогою ексцентрика, а за очисники – гумові кульки, що здійснюють інерційний рух ударної дії.

Проведені пошукові дослідження [6] підтвердили можливість використання плоских штампованих решіт, дозволили визначити форму та основні параметри отворів решіт, а також область варіювання факторів, що впливають на процес калібрування.

Аналіз останніх досліджень показує, що стосовно розробки сортувальних або калібрувальних машин для насіння плодових кісточкових культур дані відсутні.

Постановка завдання. Оптимізація параметрів та кінематичних режимів роботи установки для калібрування насіння вишні, що забезпечить якісне виділення фракції, яка буде використана для посіву.

Основна частина. Проведені дослідження розмірно – масових параметрів [1, 2] дозволили встановити, що посівний матеріал необхідно розділити за шириною на три фракції: крупна, середня і дрібна, при цьому середня фракція являє собою найбільш вирівняну і тому прийнята за таку, що буде використана для посіву, а також дозволили визначити розміри отворів решіт для калібрування насіння.

Встановлено, що на якість розділення впливають такі кінематичні і геометричні фактори, як частота коливань решітної частини (n), амплітуда (A) і кут нахилу решета (α). Умовно прийнято, що довжина решіт і їх продуктивність на якість калібрування не впливають, тому ці параметри фіксовані.

Кількість кожної фракції визначається коефіцієнтом ефективності виділення фракції, який виражається у відсотках маси

$$\varepsilon_i = \frac{M_i}{M_{\text{заг}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де M_i – маса отриманої фракції насіння, г;

$M_{\text{заг}}$ – загальна маса дослідного насіння, г.

За критерій оптимізації прийнято показник якості фракціонування, який є сумою різниць, взятих по модулю між ідеальним коефіцієнтом ефективності та отриманим у результаті проведення дослідів

$$F(n; A; \alpha) = |\varepsilon_{\text{кр}}^{\text{ид}} - \varepsilon_{\text{кр}}^{\text{досл}}| + |\varepsilon_{\text{сер}}^{\text{ид}} - \varepsilon_{\text{сер}}^{\text{досл}}| + |\varepsilon_{\text{дріб}}^{\text{ид}} - \varepsilon_{\text{дріб}}^{\text{досл}}|. \quad (2)$$

Мінімальне значення отриманої функції найбільш ефективно відображає процес калібрування насіння вишні.

Ідеальне значення коефіцієнта ефективності калібрування отримано за допомогою ручного просівання партії насіння, яка була відібрана відповідно до ГОСТ 13056.1 [9]. Потім ту ж саму партію прокалібровано на лабораторній установці для калібрування, технологічну схему розташування решіт якої наведено на рисунку 1.

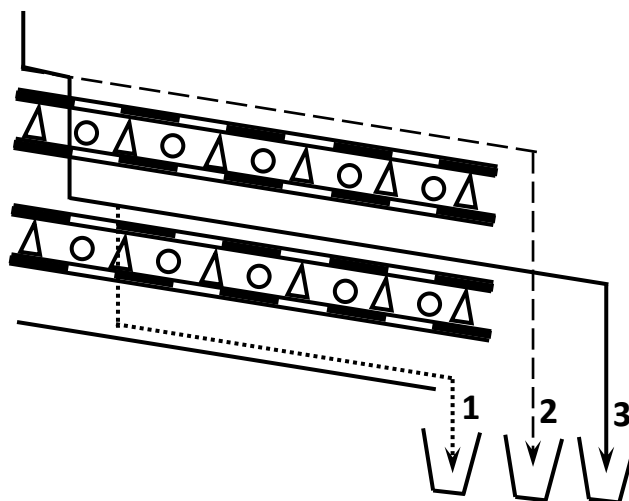


Рис. 1. Технологічна схема розташування решіт: 1 – дрібна фракція; 2 – крупна фракція; 3 – середня фракція

Із проведених раніше досліджень [6] встановлено, що для калібрування вишні розміри отворів решіт повинні бути такі: верхнє решето – отвори діаметром 6,5 мм, нижнє решето – отвори діаметром 5,0 мм.

Конструкція установки дозволяла змінювати значення частоти та амплітуди коливань, а також кута нахилу решіт у широких межах. Для проведення експерименту встановлені фактори варіювались на трьох рівнях. Натуральне значення рівней факторів було прийнято за результатами попереднього експерименту [6], а також із аналізу сортувальних машин.

Для досягнення поставленої мети використано методи математичного планування експерименту [7-9]. Оптимальні параметри калібрування вишні визначались за допомогою рототабельного плану Боксу другого порядку [8].

В таблиці 1 наведено рівні вхідних факторів, умови кодування незалежних змінних і прийнято інтервали варіювання.

Таблиця 1

Інтервали варіювання факторів

Фактори	n	A	α
Розмірність	об/хв	мм	град
Кодоване позначення	X1	X2	X3
Інтервал варіювання	40	2,5	2
Основний рівень (0)	370	7,5	8
Верхній рівень (1)	440	10	10
Нижній рівень (-1)	300	5	6

Матрицю планування експерименту наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

План Боксу-3

№ досліду	x_1	x_2	x_3	y	№ досліду	x_1	x_2	x_3	y
1	+1	+1	+1	y_1	8	-1	-1	-1	y_8
2	-1	+1	+1	y_2	9	+1	0	0	y_9
3	+1	-1	+1	y_3	10	-1	0	0	y_{10}
4	-1	-1	+1	y_4	11	0	+1	0	y_{11}
5	+1	+1	-1	y_5	12	0	-1	0	y_{12}
6	-1	+1	-1	y_6	13	0	0	+1	y_{13}
7	+1	-1	-1	y_7	14	0	0	-1	y_{14}

Для реалізації експерименту складаємо розширену матрицю планування другого порядку і проводимо досліди в трикратній повторності з визначенням середнього значення відгуку $y_{\text{сер}}$ і відрядкових дисперсій, s_u^2 (таблиця 3).

Таблиця 3

Розширена матриця планування

№	Фактор			Фактор взаємодії						Середнє значення відгуку, $U_{сер}$	Відрядкова дисперсія, S_u^2
	x_1	x_2	x_3	x_{12}	x_{13}	x_{23}	x_1^2	x_2^2	x_3^2		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12,79	0,194
2	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	13,53	0,098
3	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	17,81	0,185
4	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	16,31	0,049
5	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	19,93	0,153
6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	18,79	0,013
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	20,44	0,017
8	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	19,13	0,038
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	21,52	0,051
10	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	22,00	0,209
11	0	1	0	0	0	0	0	1	0	20,11	0,037
12	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	21,77	0,168
13	0	0	1	0	0	0	0	0	1	16,27	0,106
14	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	20,58	0,090

Для вказаних факторів перевірялися та аналізувалися три критерії:

- 1) Критерій Кохрена – перевірка відтворюваності дослідів;
- 2) Критерій Стюдента – перевірка значущості коефіцієнтів регресії;
- 3) Критерій Фішера – перевірка адекватності отриманої моделі.

Аналіз математичної моделі проводили експериментально – статистичними методами [7-9]. Обробку даних зроблено за допомогою комп'ютерної програми «Statist» та офісного додатку Microsoft Excel. В результаті чого отримано математичну модель другого порядку, яка описує заданий процес. Загальний вигляд математичної моделі

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_{12} + b_{13}x_{13} + b_{23}x_{23} + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (3)$$

Розрахунок першого критерію дозволив встановити, що дисперсія відтворюваності дослідів однорідна тому що

$$G_p = 0,25 < G = 0,35. \quad (4)$$

Табличне значення критерію Кохрена обирали з урахуванням числа ступенів свободи $f = 2$ та кількості серій дослідів $k = 14$ [8].

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії отриманої моделі дозволяє відкинути найменш значимі коефіцієнти, якими є b_{11} , b_{12} і b_{22} з 95% довірчою ймовірністю коли критичне значення коефіцієнта Стюдента із ступенем свободи $f = N \times (\gamma - 1) = 28$ дорівнює $t_{кр} = 2,05$ [8].

Після розрахунку коефіцієнтів регресії рівняння (3) прийме вигляд

$$y = 16,806 - 2,04 x_1 - 2,178 x_2 - 1,44 x_3 - 2,58 x_{13} - 2,11 x_{23} - 4,16 x_3^2 \quad (5)$$

Перевірка адекватності отриманої моделі за критерієм Фішера показала, що гіпотезу про адекватність опису рівнянням результатів експерименту приймаємо з 95% ймовірністю тому що

$$F_p = 0,69 < F_{кр} = 2,19.$$

Критичне значення критерію Фішера визначали з урахуванням числа ступенів свободи $f_1 = N - (k + 1) = 10$ та $f_2 = N \times (\gamma - 1) = 28$ [8].

З урахуванням розкодування факторів:

$$x_1 = \frac{n - n_{сер}}{\lambda_n}; \quad x_2 = \frac{A - A_{сер}}{\lambda_A}; \quad x_3 = \frac{\alpha - \alpha_{сер}}{\lambda_\alpha}.$$

Рівняння регресії (5) можна записати в розкодованому вигляді

$$F(n; A; \alpha) = -106,39 + 0,11 n + 2,92 A + 25,91 \alpha - 0,02 n \alpha - 0,42 A \alpha - 1,04 \alpha^2. \quad (6)$$

Розрахунки щодо визначення оптимальних значень факторів і параметрів оптимізації відповідно до рівняння (6) проводились за допомогою комп'ютерної програми «Statist» та офісного додатку Microsoft Excel. Отримано поверхні відгуку, визначено їх вид і зроблено аналіз за методом двомірних перерізів [9].

Аналізуючи поверхні відгуку, визначено оптимальні режими роботи лабораторної установки при калібруванні насіння вишні:

- 1) частота обертів – 400 об/хв;
- 2) амплітуда коливань – 9,5 мм;
- 3) кут нахилу решіт – 8°.

Висновок. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень процесу калібрування насіння вишні встановлено найбільш значущі фактори, знайдено оптимальні області протікання процесу, отримано математичну модель, що адекватно описує процес калібрування, а також знайдено оптимальні режими при яких отримано найбільш якісну фракцію, що буде використана для посіву.

Література

1. Бондаренко Л. Ю. Дослідження розмірно – масових параметрів посівного матеріалу плодових кісточкових культур / Л. Ю. Бондаренко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 35. – С. 111-117.

2. Бондаренко Л. Ю. Кореляційно-регресійний аналіз розмірно – масових параметрів насіння плодових кісточкових культур / Л. Ю. Бондаренко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 36. – С. 105-110.

3. Бондаренко Л. Ю. Аналіз конструкцій решіт для сортування

різних матеріалів / *Л. Ю. Бондаренко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Вип. 7. т. 2. – С. 124-129.

4. *Бондаренко Л. Ю.* Аналіз пристроїв для очищення плоских решіт сортувальних і калібрувальних машин / *Л. Ю. Бондаренко, Г. В. Антонова* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2008. – Вип. 8, т. 3. – С.159-164.

5. ГОСТ 13056.1-67. Семена древесных и кустарниковых пород. Отбор образцов. – М.: Изд-во стандартов, 1968. – 27 с.

6. *Бондаренко Л. Ю.* Дослідження форми і розмірів отворів решіт для калібрування посівного матеріалу плодових кісточкових культур / *Л. Ю. Бондаренко, В. І. Цимбал* // Мех. та електріф. сіл. гос-ва. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 176-180.

7. *Мельников С. В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / *С. В. Мельников, В. Ф. Алешкин, П. М. Рощин*. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

8. *Менчер Э. М.* Основы планирования эксперимента с элементами математической статистики в исследованиях по виноградарству / *Э. М. Менчер, А. Я. Земшан*. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 238 с.

9. *Бондарь А. Г.* Планирование эксперимента в химической технологии / *А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха*. – К.: Вища школа, 1976. – 184 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАЛИБРОВКИ СЕМЯН ВИШНИ

Бондаренко Л. Ю., Вершков А. А.

Аннотация – приведены результаты экспериментальных исследований процесса калибровки семян вишни. Получена математическая модель оптимальная область протекания процесса. Установлены рациональные режимы, которые обеспечат качественное калибрование семян плодовых косточковых культур.

DESIGN OF PROCESS OF CALIBRATION OF SOWING MATERIAL OF FRUIT DRUPACEOUS CULTURES

L. Bondarenko, A. Vershkov

Summary

The results of theoretical and experimental researches of process of calibration of seed of fruit drupaceous cultures are given in this article. A mathematical model and optimum area of flowing of process is got. The rational modes which will provide high-quality calibration of seed of fruit drupaceous cultures are set.

УДК 631.354.2.026

МАШИНА ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ

Головльов В. А., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (063) 400-95-32, e-mail: golowlov@gmail.com

Анотація – у статті наведено конструкцію машини для сепарації обчісаного вороху зернових колосових. Отримані залежності відкриття заслінки механізму розподілу потоку вороху від заданого закону руху, які дозволяють отримати параметри конструкції.

Ключові слова – обчісуючі пристрої, обчісування рослин, стаціонарна технологія, сепаратор обчісаного вороху, механізм розподілу потоку вороху, графік фазових переміщень, теоретичний профіль кулачку.

Постановка проблеми. Станом на 2017 рік в Україні вся загальна посівна площа складає 26,8 млн. га, з них 14,4 млн. га [1], відводиться на зернові, при цьому кількість зернозбиральних комбайнів складає трохи більше 50 тис. одиниць при загальній потребі в 75 тис. одиниць. Ця кількість зернозбиральних комбайнів не дозволяє провести жнива в оптимальні агротехнологічні строки (10 днів), а якщо настають складні погодні умови то жнива затягуються до півтора місяця, це призводить до втрати врожаю. Щороку аграрії втрачають понад 6 млн. тонн зернових. Зокрема, через брак якісної сучасної збиральної техніки. Це десята частина всього урожаю. Вартість втраченого урожаю сягає мільярда доларів США на рік [2].

Підвисити швидкість і ефективність збирального процесу дозволяє технологія обчісування рослин на корені. Збирання методом обчісування рослин на корені може бути реалізована або в комбайновому, або в стаціонарному варіанті. Але для реалізації стаціонарного варіанту технології збирання зернових необхідно розробляти технічні засоби доробки обчісаного вороху. Першочерговим кроком вирішення цієї задачі є розробка

конструктивної схеми машини для сепарації обчісаного вороху зернових колосових.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогоднішній день теоретичні основи збирання зернових достатньою мірою висвітлені у науково-технічній літературі [3-7]. Але процес сепарації обчісаного вороху розглянутий досить скромно. У роботі [8] запропонована конструкція сепаратора обчісаного вороху, та обґрунтування параметрів його роботи. Однак цей сепаратор призначений для роботи з обчісаним ворохом рису, який суттєво відрізняється від обчісаного вороху зернових колосових. Робота [9] присвячена обґрунтуванню параметрів та режимів роботи молотильно-сепаруючого пристрою, який був змонтований на експериментальному рисозбиральному комбайні. Цей пристрій задовільно виконував технологічний процес сепарації обчісаного вороху рису, та домолоту обірваних колосків, але рівень пошкодження зерен був досить значний. На наш погляд найбільш пристосованим для сепарації обчісаного вороху зернових колосових є запропонований в роботі [10] сепаруючий робочий орган. Але встановлення даного робочого в існуючі ворохоочисники пов'язано з проблемою подачі вороху на нижній решітний стан.

Формулювання цілей статі. Для розв'язування цієї задачі необхідно розробити технологічну схему ворохоочисника з експериментальним сепаруючим робочим органом та механізмом розподілу вороху на верхній і нижній решітні стани.

Основна частина. Для сепарації обчісаного вороху зернових колосових пропонується наступна конструкція машини (рис. 1). Робочий процес машини: очісаний ворох зернових подається до корпус транспортеру 10 за допомогою скребкового транспортеру, який включає: ланцюг транспортеру 6, шкребок 7, ведучу 8 і ведену зірочку 9. На корпус транспортеру встановлений механізм розподілу потоку вороху, який розподіляє потік вороху на нижній I і верхній II решітні стани. Механізм розподілу являється кулачково-коромисловим з силовим замиканням, який складається з рухомої заслінки (коромисло) 11, яка приводиться в рух від кулачку 12 і повертається в початкове положення пружиною 13. Коли кулачок 12 знаходиться у фазі дальнього вистою, рухома заслінка 11 відкривається і через вивантажувальне вікно ворох потрапляє на нижній решітний стан I. А коли кулачок 12 знаходиться у фазі ближнього вистою пружина 13 закриває заслінку і ворох потрапляє на верхній решітний стан II. Після транспортеру ворох потрапляє спочатку на сегрегатор 1, де за рахунок коливальних рухів важкі домішки, в тому числі зерно, потрапляє в нижній шар, а легкі домішки, в тому числі колоски, полова і солома у верхній. Після сегрегатора ворох потрапляє на

решето 2, яке має вигляд круглих отворів діаметру 25 мм, де проходить процес його сепарації: зерно і важкі домішки йдуть проходом, а легкі домішки (котрі складаються з колосків, полови і соломи) йдуть сходом. Зерно і важкі домішки (проходова фракція) по похилій дошці 3 потрапляють на вивантажувальний шнек проходової фракції 5 й виводяться. А легкі домішки (сходова фракція) після решета потрапляють на вивантажувальний шнек сходової фракції 4 й виводяться.

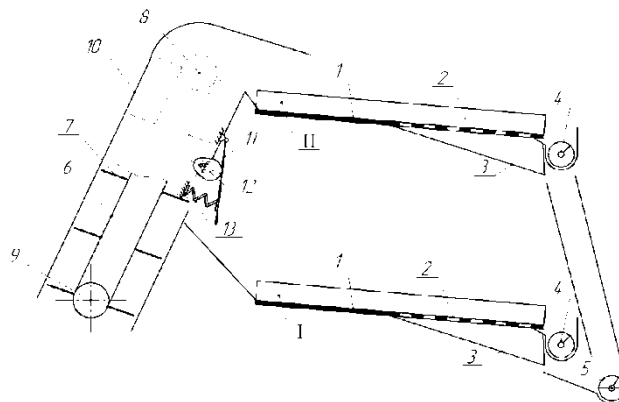


Рис. 1. Технологічно-конструктивна схема машини для сепарації обісаного вороху зернових колосових

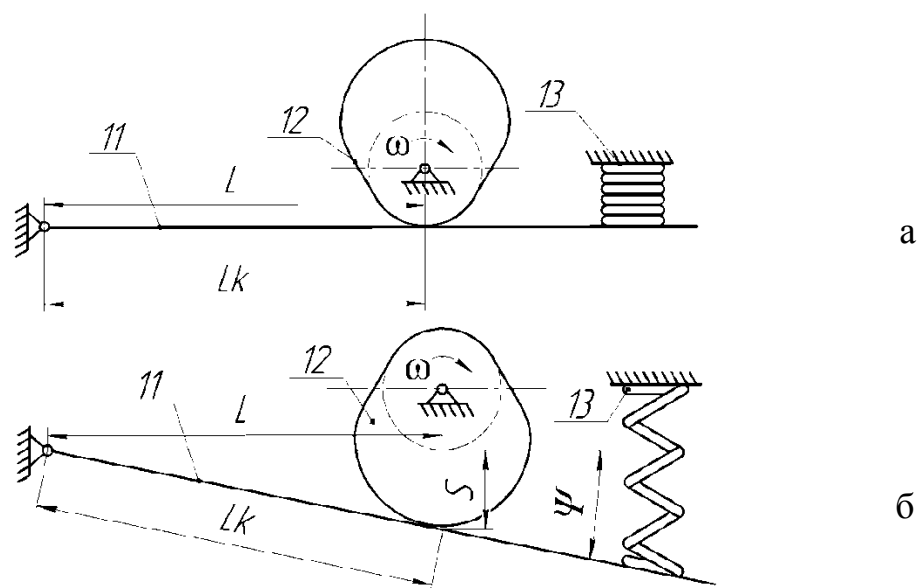


Рис. 2. Схема механізму розподілу потоку вороху: а – при закритій заслінці (коромислі); б – при відкритій заслінці

При відкритій заслінці величина відкриття характеризується кутом ψ , який залежить від довжини переміщення S . В свою чергу міжосьова відстань L , довжина коромисла до точки дотику L_k і висота вершини кулачку S утворюють прямокутний трикутник з гіпотенузою L_k , прилягаючим катетом L , протилежним катетом S і гострим кутом

Ψ . Виходячи зі співвідношення між сторонами і кутами прямокутного трикутника, отримаємо:

$$\sin \Psi = \frac{S}{Lk} \quad (1)$$

Кут Ψ° виражається через формулу:

$$\Psi = \frac{\arcsin \Psi}{\pi} \cdot 180^\circ \quad (2)$$

Важливим параметром, який впливає на час вивантаження вороху на решітні стани, є фазові кути обертання кулачка. Проміжок часу T дорівнює одному циклу роботи заслінки. В свою чергу час T ділиться на частини, які відповідають віддаленню коромисла (по відношенню до центру обертання кулачка) із самого ближнього в саме дальнє, вистою в самому дальньому положенні, поверненню від самого дальнього в саме ближнє і вистою, позначають відповідно T_B ; T_D ; T_{Π} ; T_6 . Кути повороту кулачка, які відповідають цим проміжкам часу, називають кутом віддалення, кутом дальнього вистою, кутом повернення і кутом ближнього вистою позначають відповідно φ_y ; φ_d ; φ_B ; φ_6 (фазові кути) [11] Звідки маємо:

$$T_B + T_D + T_{\Pi} + T_6 = T \quad (3)$$

$$\varphi_B + \varphi_d + \varphi_{\Pi} + \varphi_6 = 2\pi \quad (4)$$

Робочим кутом являється сума:

$$\varphi_B + \varphi_d + \varphi_B = \varphi_p \quad (5)$$

Для побудови профілю кулачку задаємо закон руху у виді функції від кута повороту кулачку:

$$S = f(\varphi) \quad (6)$$

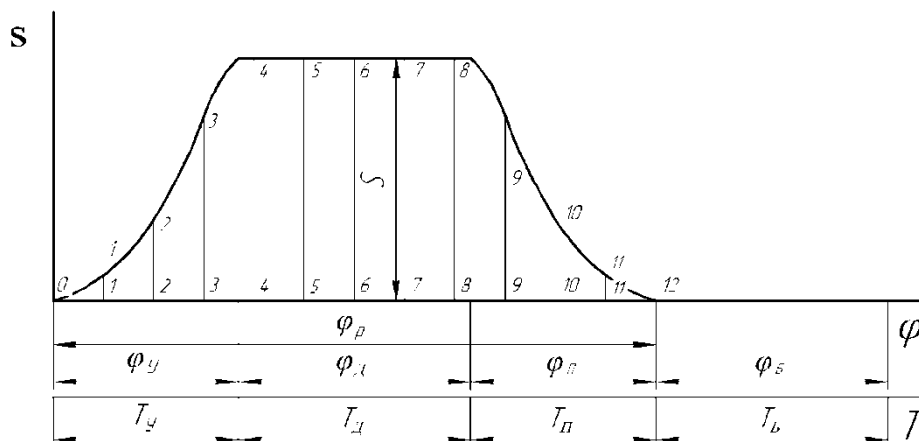


Рис. 3. Графік фазових переміщень кулачку, заданий функцією $S = f(\varphi)$

Для побудови теоретичного профілю кулачку задаємо закон руху у виді графіку фазових переміщень кулачку (рис. 3). По осі ординат відкладено висота переміщення профілю кулачку S . А по осі абсцис відкладено кутове переміщення за один оберт кулачку φ , яке

дорівнює 360° . Для побудови теоретичного профілю кулачка робочий кут φ_p розбиваємо на 12 рівних відрізків в градусах, висота S у міліметрах кожного відрізка відкладається від мінімального радіусу R_{min} фази φ_6 по напрямку обертуту. Вершини відрізків 1...12 з'єднуються кривою лінією і отримуємо теоретичний профіль кулачку.

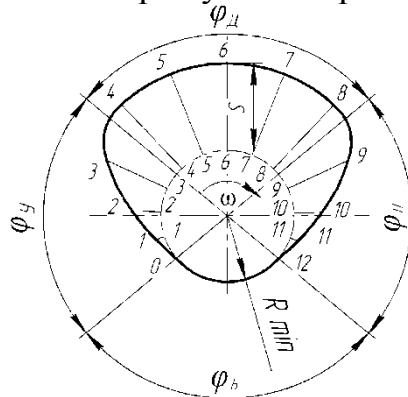


Рис. 4. Теоретичний профіль кулачку

Висновки. Розроблена технологічно-конструктивна схема машини для сепарації обчисаного вороху зернових колосових. Наведена схема механізму розподілу потоку вороху на нижнє і верхнє решето. Встановлено залежність величини відкриття заслінки механізму розподілу потоку вороху через кут Ψ° (формула 2). Розроблена методика побудови теоретичного профілю кулачку механізму розподілу потоку вороху, через графік фазових переміщень кулачку.

Література

1. Посевная площадь сельхозкультур под урожай 2017 года останется на уровне прошлого года – 26,8 млн га [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://smnews.com.ua/news/posevnaja_ploshhad_selkhozkultur_pod_urozhaj_2017_goda_ostanetsja_na_urovne_proshlogo_goda_26_8 mln_ga/2017-02-27-287 (дата обращения 27.08.2017). – Название с экрана.
2. Україні не вистачає аграрної техніки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ab.org.ua/ukrayini-ne-vistachaye-zbiralnoyi-tehniki/> (дата звернення 28.09.2017). – Назва з екрана.
3. Шабанов П. А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... докт. техн. наук / П. А. Шабанов. – Мелитополь, 1988. – 336 с.
4. Леженкин А. Н. Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): дис... докт. техн. наук / А. Н. Леженкин. – М., 2008. – 503 с.
5. Голубев И. К. Обоснование основных параметров и режимов

работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: дис... канд. техн. наук / *И. К. Голубев*. – М., 1989. – 201 с.

6. *Гончаров Б. И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис... канд. техн. наук / *Б. И. Гончаров*. – М., 1982. – 217 с.

7. *Данченко Н. Н.* Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню: автореф. дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Данченко*. – Челябинск, 1983. – 15 с.

8. *Аблогин Н. Н.* Обоснование технологической схемы и параметров устройства для сепарации очесанного вороха риса: дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Аблогин*. – Мелитополь, 1997. – 215 с.

9. *Шкиндер В. Н.* Обоснование параметров и разработка молотильно-сепарирующего устройства перспективных рисоуборочных комбайнов: дис... канд. техн. наук / *В. Н. Шкиндер*. – Мелитополь, 1991. – 226 с.

10. *Леженкин И. А.* Обоснование параметров и режимов функционирования рабочего органа для сепарации очесанного вороха пшеницы: дис... канд. техн. наук / *И. А. Леженкин*. – Мелитополь, 2016. – 197 с.

11. *Коренько А. С.* Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / *А. С. Коренько*. – К.: Вища школа, 1970. – 328 с.

МАШИНА ДЛЯ СЕПАРАЦИИ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ

Головлев В. А.

Аннотация – в статье приведена конструкция машины для сепарации очесанного вороха зерновых колосовых. Получено зависимости открытия заслонки механизма распределения потока вороха от заданного закона движения, которые позволяют получить параметры конструкции.

MACHINE FOR SEPARATION OF COMBED CEREAL GRAIN HEAP

V. Holovlov

Summary

The paper describes the construction of a machine for separation of combed cereal grain heap. The dependence of opening the damper

of the heap flow distribution mechanism on the predetermined law of motion is obtained, which allows to obtain the design parameters.

УДК.631.312.68

ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗПУШУВАЧА ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Матковський О. І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (097) 32-82-788, e-mail: aimatkovski@mail.ru

Анотація – наведена методика визначення кінематичних параметрів розпушувача викопувального плуга для визначення режимів коливань з підкиданням ґрунту та кореневої системи саджанця під час переміщення по його поверхні.

Ключові слова – викопувальний плуг, параметри розпушувача, режими коливань, зусилля витягування, викопування саджанців.

Постановка проблеми. Викопування саджанців викопувальним плугом вміщує операції відділення (вирізання) ґрунтової скиби з саджанцями з ґрунтового масиву і переміщення її на висоту, яка перевищує глибину викопування. Наступною операцією є вибірка саджанців, яка здійснюється робітниками витяганням їх з розпушеного ґрунту. Зусилля на витягування саджанців робітниками повинно відповідати оптимальним умовам праці за напруженістю, на яке впливає ступінь розпушеності ґрунту.

Коренева система дворічних саджанців плодкових культур має розвинуту та розгалужену структуру і потребує підкопування на глибину не менше 0,35 м. Витягування саджанців робітниками з ґрунту після їх підкопування існуючими плугами для викопування саджанців потребує такого зусилля на витягування з ґрунту, яке за показником важкості трудового процесу відносять до важких умов праці. При цьому, втрачається найбільш цінна частина коренів саджанців, що призводить до зниження їх сортності.

Окреслена проблемна ситуація пов'язана з тим, що робочі органи існуючих плугів для викопування саджанців не забезпечують достатнього розпушування ґрунтової скиби та відділення ґрунту від коренів без їх пошкодження.

Також, конструкції існуючих плугів не дозволяють проводити зміни режиму роботи з урахуванням умов викопування саджанців.

Переміщення ґрунту по робочим поверхням, які мають значну довжину, призводить до підвищення затрат енергії на забезпечення

руху. Це можна віднести до завдань, що потребують вивчення і дослідження з метою створення робочих поверхонь, які мають меншу поверхню контакту, час знаходження у взаємодії не постійний.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню механіки руху ґрунтового шару присвячені дослідження, що стосуються двогранного і тригранного клина [1-4]. В даних роботах переміщення ґрунту, за умови підпору з боку незруйнованого ґрунтового середовища, відбувається по поверхням, параметри положення яких залишаються незмінними. Інше відбувається, якщо положення поверхонь змінюється від коливань під час переміщення ґрунту й додатково ставиться завдання руйнування зв'язків між ґрунтовими агрегатами. Це потребує вивчення умов забезпечення такого руху і впливу коливань на розпушення ґрунту.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Поліпшення умов праці робітників при вибиранні саджанців з підкопаного ґрунту з одночасним збереженням якості їх кореневої системи шляхом забезпечення зусилля на витягування саджанців не більше 70 Н за рахунок застосування активного розпушувача викопувального плуга з раціональними кінематичними параметрами.

Основна частина. Робочий орган, який складається з скоби та розпушувача, встановлено на викопувальний плуг ВПН-2. Відділення ґрунту з кореневою системою саджанця здійснюється викопувальною скобою 1, шарнірно приєднаний до неї розпушувач 6 здійснює подальше переміщення до поверхні поля. (рис. 1). Розпушувач коливається навколо горизонтальної осі поздовжньо до напрямку руху викопувального плуга від дію на нього через важіль 5 ексцентрикової тяги 7, яка приводиться в дію ексцентриковим механізмом 8.

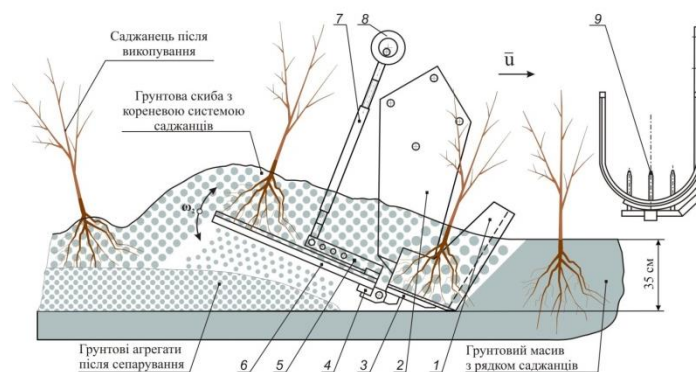


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема робочого органу викопувального плуга ВПН-2: 1 – викопувальна скоба; 2 – стійка; 3 – башмак; 4 – траверса; 5 – важіль; 6 – розпушувач; 7 – ексцентрикова тяга; 8 – ексцентриковий механізм; 9 – розпушник

Кінематична схема приводу розпушувача наведена на рисунку 2. Для визначення режиму качань розпушувача розглянемо його кінематичні характеристики.

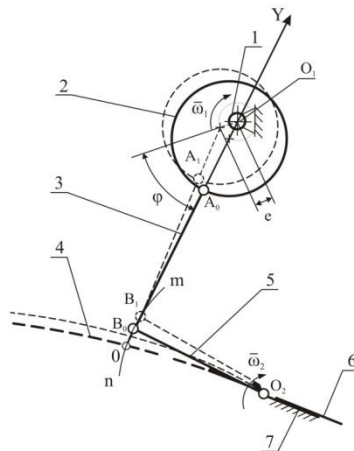


Рис. 2. Кінематична схема приводу розпушувача робочого органу плугу: 1 – вал приводний; 2 – ексцентрик; 3 – ексцентрикова тяга; 4 – розпушувач; 5 – важіль; 6 – скоба; 7 – башмак

Розпушувач 4 здійснює качання від дії ексцентрикової тяги 3, яка шарнірно з'єднана з важелем 5 в т. В (рис. 2), рух якого характеризується:

– відстанню між положеннями т. В

$$s_B = e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t)); \quad (1)$$

– лінійною швидкістю

$$v_B = e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t); \quad (2)$$

– прискоренням

$$a_B = e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t), \quad (3)$$

де e – величина ексцентриситету;

ω_1 – кутова швидкість ексцентрика;

t – час качань.

При дослідженні переміщення ґрунтової скиби без відриву від поверхні розпушувача прийнято такі припущення:

а) ґрунтову скибу розглянуто як матеріальну точку (далі – частка ґрунту);

б) частка ґрунту сходить з розпушувача без виникнення реакції з боку його поверхні;

в) маса частки ґрунту на розпушувачі під час переміщення постійна;

г) рух частки ґрунту по поверхні розпушувача, яка є криволінійною, вважаємо рівномірним та прямолінійним.

Для визначення рухомої сили на переміщення частки ґрунту по

поверхні розпушувача з опуклою напрямною розглянемо його кінематичні характеристики відповідно до рис. 3.

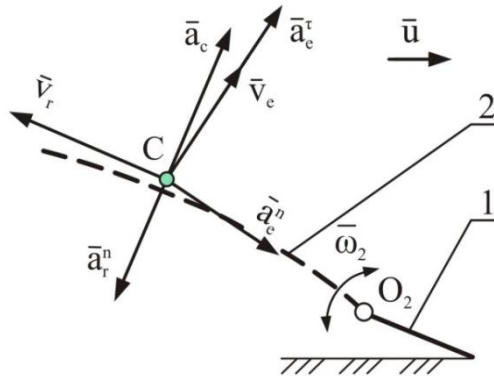


Рис. 3. Прискорення та швидкості частки ґрунту при переміщенні по опуклій поверхні розпушувача під час її руху угору: 1 – викопувальна скоба; 2 – розпушувач; $\bar{a}_e^\tau$ – дотичне прискорення переносного руху; $\bar{a}_e^n$ – нормальне прискорення переносного руху, $\bar{a}_c$ – коріолісове прискорення; швидкості: $\bar{v}_e$ – переносна швидкість руху; $\bar{v}_r$ – відносна швидкість руху; $\bar{u}$ – швидкість руху агрегату (трактор з викопувальним плугом)

З урахуванням кінематичних характеристик руху формули (2), (3) прискорення частки ґрунту визначаються за наступними формулами:

– дотичне прискорення переносного руху

$$a_e^\tau = y \cdot \frac{v_r \cdot t}{l} = \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l}, \quad (4)$$

– нормальне прискорення переносного руху

$$a_e^n = \omega_2^2 \cdot v_r \cdot t = \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t, \quad (5)$$

– коріолісове прискорення

$$a_c = 2 \cdot \omega_2 \cdot v_r = 2 \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}. \quad (6)$$

Приймаємо систему координат xOy (рис. 4), яка є рухомою відносно інерційної системи XOY (ліва система координат). Сили, які діють на частку ґрунту при переміщенні по опуклій поверхні розпушувача наведено на рисунку 4.

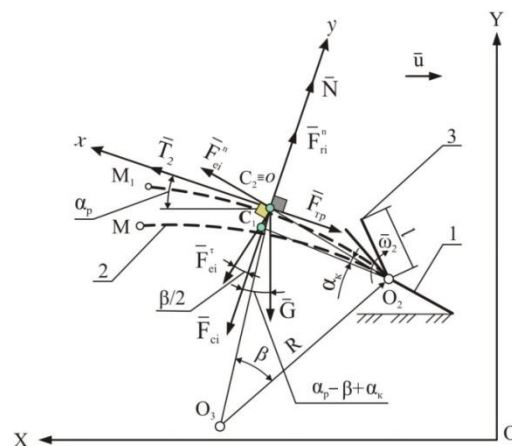


Рис. 4. Схема сил, які діють на частку ґрунту при переміщенні по опуклій поверхні розпушувача під час руху угору: 1 – скоба; 2 – розпушувач; 3 – важіль

Згідно з рисунком 4 диференціальні рівняння руху частки ґрунту будуть мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= T_2 + F_{ei}^n \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + F_{ei}^r \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_k) - F_{mp} \\ m\ddot{y} &= N + F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) + F_{ei}^r \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) - F_{ci} \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Скористаємося другим рівняння системи диференціальних рівнянь руху частки ґрунту (7) по поверхні розпушувача і розглянемо переміщення вдовж осі y (рис. 4)

$$m\ddot{y} = N + F_{ei}^n \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_k) - F_{ei}^r \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - F_{ci}. \quad (8)$$

де N – нормальна реакція поверхні;

F_{ei}^n – нормальна переносна сила інерції, яка дорівнює.

$$F_{ei}^n = m \left(\frac{e \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t,$$

де G – сила тяжіння, яка дорівнює $G = m \cdot g$ (де m – маса частки ґрунту що рухається по розпушувачу);

F_{ei}^r – дотична переносна сила інерції до дуги B_0B_1 (рис. 2), яка

дорівнює $F_{ei}^r = m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l}$ (де v_r – відносна швидкість

руху частки ґрунту по розпушувачу; t – час руху частки ґрунту по розпушувачу; l – довжина важеля);

F_{ci} – сила інерції Коріоліса, яка дорівнює

$$F_{ci} = 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}.$$

Кут встановлення поверхні розпушувача до горизонту α_p є початковим і змінюється кутом качання, який визначається з виразу

$$\alpha_k = \frac{s}{l}, \quad (9)$$

де s – відстань між положеннями важеля (B_0B_1), яка дорівнює $e \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))$.

Підкидання частки ґрунту розпушувачем відбувається за такими кінематичними характеристиками коливання точок поверхні розпушувача [7]:

1) величина нормального прискорення розпушувача повинна бути більшою за прискорення сили тяжіння;

2) напрям нормального прискорення розпушувача має бути спрямованим донизу;

3) напрям лінійної швидкості має бути спрямованим угору.

Частка ґрунту під час качання розпушувача залишається на поверхні при $N > 0$. Якщо ця умова не виконується, то частка ґрунту відривається від поверхні розпушувача, а рівняння прискорення з формули (8) буде мати вигляд

$$y = a_n = \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{v_r^2}{R} - \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) - 2 \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} - g \cdot \cos\left(\alpha_p - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) \quad (10)$$

Відрив частки ґрунту від поверхні з урахуванням першої умови її підкидання розпушувачем при $y=0$ буде досягатися за умови виконання нерівності

$$\left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{v_r^2}{R} + \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{2 \cdot e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} > g \cdot \cos\left(\alpha_{pn} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) \quad (11)$$

Під час взаємодії розпушувача з часткою ґрунту він здійснює декілька качань. Потрібну кутову швидкість для одного качання розпушувача знайдемо з виразу

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{t_1}, \quad (12)$$

де t_1 – час тривалості одного качання розпушувача.

Час тривалості одного качання розпушувача дорівнює

$$t_1 = \frac{L}{v_r \cdot n}, \quad (13)$$

де n – кількість качань розпушувача за час взаємодії з часткою ґрунту.

Тоді кутова швидкість дорівнює

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L}, \quad (14)$$

а рівняння (11) прийме вид

$$\begin{aligned} & \left(\frac{e \cdot 2\pi \cdot n \cdot v_r^2 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r \cdot t}{L}\right)}{Ll} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) + \frac{v_r^2}{R} - \\ & - \frac{e \cdot \left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L} \cdot t\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L} \cdot t\right) v_r \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{v_r \cdot t}{2R}\right) - \\ & - \frac{4 \cdot e \cdot \pi \cdot n \cdot v_r^2 \cdot t \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L} \cdot t\right)}{L \cdot l} \geq \\ & \geq g \cdot \cos\left(\alpha_{pn} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{e \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{L} \cdot t\right)\right)}{l}\right). \end{aligned} \quad (15)$$

З нерівності (11) визначено час відриву частки ґрунту від поверхні розпушувача (перша умова підкидання частки ґрунту) та визначено перевищення нормального прискорення розпушувача над прискоренням сили тяжіння. Для з'ясування напрямів прискорення і швидкості розпушувача побудуємо їх сумісний графік, а для отримання швидкості руху розпушувача здійснимо інтегрування рівняння (10). Після обчислення швидкість складе

$$\begin{aligned} V = y' = & \frac{(e \cdot \omega_1 \cdot v_r)^2 \cdot v_r}{4l^2 \left(2\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)} \cdot t \cdot \cos\left(2\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)t + \frac{(e \cdot \omega_1 \cdot v_r)^2 \cdot v_r}{4l^2 \left(2\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)^2} \cdot \sin\left(2\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)t - \\ & - \frac{(e \cdot \omega_1 \cdot v_r)^2 \cdot v_r}{4l^2 \left(2\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)} \cdot t \cdot \cos\left(2\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)t + \frac{(e \cdot \omega_1 \cdot v_r)^2 \cdot v_r}{4l^2 \left(2\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)^2} \cdot \sin\left(2\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)t + \frac{v_r^2}{R}t + \\ & + \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot v_r}{2l} \cdot \frac{t \cdot \sin\left(\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)t}{\omega_1 + \frac{v_r}{2R}} + \frac{e \cdot \omega_1 \cdot v_r}{2l \cdot \left(\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)^2} \cdot \cos\left(\omega_1 + \frac{v_r}{2R}\right)t + \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot v_r}{2l} \cdot \frac{t \cdot \sin\left(\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)t}{\omega_1 - \frac{v_r}{2R}} + \\ & + \frac{e \cdot \omega_1 \cdot v_r}{2l \cdot \left(\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)^2} \cdot \cos\left(\omega_1 - \frac{v_r}{2R}\right)t + \frac{2ev_r}{l} \cdot \cos(\omega_1 t) - g \cdot \left(t - \frac{\alpha_{pn}^2}{2} \cdot t + \frac{\alpha_{pn} v_r}{R} \cdot \frac{t^2}{2} - \frac{v_r^2}{2R^2} \cdot \frac{t^3}{3} - \right. \\ & - \frac{\alpha_{pn} \cdot e}{l} \cdot t + \frac{\alpha_{pn} \cdot e}{l \omega_1} \sin(\omega_1 t) + \frac{v_r \cdot e}{Rl} \cdot \frac{t^2}{2} - \frac{v_r \cdot e}{Rl} \cdot \left(\frac{t \cdot \sin(\omega_1 t)}{\omega_1} + \frac{\cos(\omega_1 t)}{\omega_1^2}\right) - \frac{e^2}{2l^2} \cdot t + \\ & \left. + \frac{e^2}{l^2 \omega_1} \sin(\omega_1 t) - \frac{e^2}{2l^2} \left(\frac{t}{2} + \frac{1}{4\omega_1} \sin(2\omega_1 \cdot t)\right)\right) + C_1, \end{aligned} \quad (16)$$

де C_1 – постійна інтегрування, для початкових умов $t=0$, $V=0$, $y=0$.

Під час взаємодії розпушувача з часткою ґрунту він здійснює декілька качань. Потрібну кутову швидкість для одного качання розпушувача знайдемо з виразу

Обчислення значень швидкості v та прискорення поверхні a^n здійснено з використанням програмної оболонки Maple за вхідними даними таблиці 1.

Таблиця 1

Вхідні дані для обчислення

	v_r , м/с	l , м	α_p , град.	f	g , м/с ²	ω_1 , с ⁻¹	m , кг	R , м
0,019	1,45	0,35	25	0,5	9,81	26	80	2

За результатами обчислень побудовано залежності, які наведено на рисунку 5.

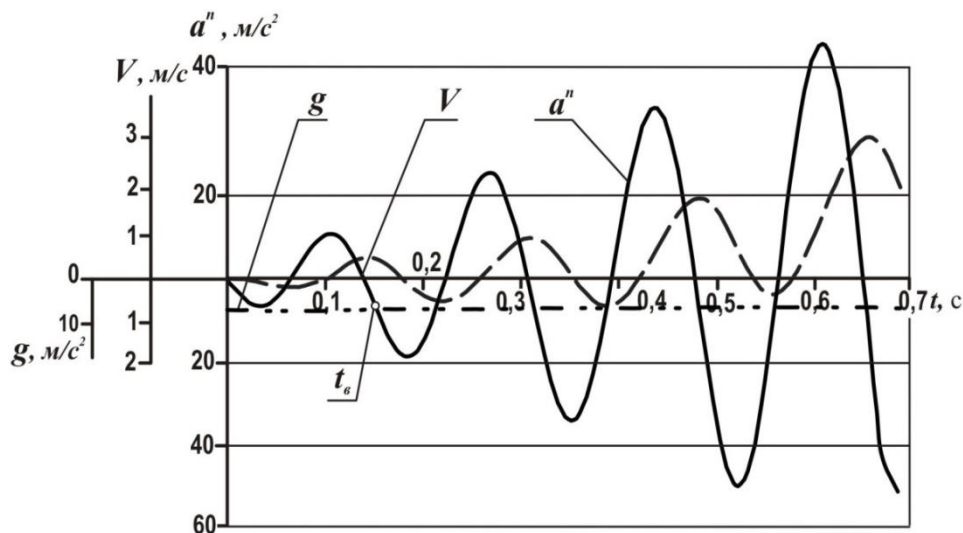


Рис. 5. Зміни швидкості V та прискорення поверхні розпушувача a^n в залежності від часу

З наведених залежностей (рис. 5) видно, що час початку відриву частки ґрунту від поверхні розпушувача настає при $t_e = 0,14$ с. При цьому напрям швидкості v спрямовано угору, а прискорення a^n – донизу, тобто забезпечуються перша, друга і третя умови.

Величина ексцентриситету визначається за умови перевищення прискорення розпушувача над прискоренням вільного падіння у третьому квадранті обертання ексцентрика.

Для попередньої перевірки робочого органу плуга були проведені натурні функціональні випробування (рис. 6). Перевірка проводилась у третьому полі розсадника ТОВ «Блексі фрут компанії» (дворічні саджанці) на викопуванні саджанців яблуні Ред Чиф та брейбурн у встановлені терміни викопки (повне опадання листя).



Рис. 6. Викопування саджанців яблуні Ред Чиф у полі розсадника

Ставилось завдання перевірки функціональності робочого органа плуга за показниками якості виконання технологічного процесу викопування та вибірки саджанців на режимі роботи розпушувача з підкиданням, які були забезпечені числом обертів ексцентрика – 350 об/хв., ексцентриситетом – 0,019 м, довжиною розпушувача – 1 м, довжиною важеля – 0,35 м. Рух агрегату був 1,45 м/с (5,2 км/год.), кількість коливань розпушувача під час переміщення ґрунту з саджанцями дорівнювала чотири.

Програма й методика перевірки показників якості технологічного процесу складена з використанням положень ОСТ 70.16.1-86 «Машины и орудия для выкопки и выборки семян и саженцев». Результати представлені за формою документа в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники якості виконання технологічного процесу
викопувальним плугом

Найменування показника	Значення показника
1	2
Місце та дата випробувань	Розсадник 03.12.2013
Фон роботи	Поле розсадника
Режим роботи:	
– робоча швидкість руху, м/с	1,45
– робоча ширина захвату, м	0,55
Глибина підкопування, см	
– встановлена	30
– фактична	32,6
– стандартне відхилення, ± см	3,2
– коефіцієнт варіації, відсоток	5,3
Повнота викопування, відсоток	
– кількісна доля саджанців, які не вкопані	–

Продовж. табл. 2

1	2
Пошкодження саджанців, відсоток	
– підземної частини по видам	відсутнє
– надземної частини по видам	1,5
Зусилля на витягування саджанців з ґрунту, Н	50,7
Маса ґрунту, яка зв'язана з кореневою системою підкопаного саджанця, г	800
Забивання і налипання робочих органів, відсоток	11,2
Шлях заглиблення робочих органів, м	1,2
Шлях виглиблення робочих органів, м	0,9



Рис. 7. Вимірювання зусиль на витягування саджанців (а), коренева система саджанця Ред Чиф (б)

Попередні випробування показали, що активний розпушувач дозволяє підвищити розпушеність ґрунту, що проявилось в дотриманні оптимальних зусиль (50 Н) на витягуванні саджанців (рис. 7) і здійснити переміщення саджанця до поверхні поля та забезпечити показники якості кореневої системи саджанців які були досягнуті під час вирощування.

Висновки.

1. За результатами досліджень отримана залежність для визначення кінематичних режимів роботи розпушувача, за складовими якої можна провести оптимізацію:

– конструктивних параметрів: довжини важеля, довжини розпушувача, величини ексцентриситету;

– кінематичних параметрів: числа обертів ексцентрика, кількості качань розпушувача за час взаємодії з ґрунтом та саджанцями.

2. Експериментальна перевірка роботи розпушувача підтвердила що рух ґрунтових агрегатів по розпушувачу відбувається з підкиданням, що збільшило розпушеність ґрунту, яка дозволила забезпечити умови праці робітників, за величиною зусиль на витягуванні саджанців відповідно до нормативних вимог.

Література.

1. *Бледных В. С.* Построение рабочей поверхности корпуса плуга на основе технологических требований / *В. С. Бледных, С. В. Олейников* // Совершенствование методов использования с.-х. техники: науч. труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1984. – С. 82-85.
2. *Бледных В. С.* Тяговое сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих машин / *В. С. Бледных* // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов: сб. науч. трудов ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1990. – С. 10-16.
3. Вопросы технологии механизации сельскохозяйственного производства / ЦНИИМиЭСХ Нечерноземной зоны СССР. – Минск.: Госиздат с.-х. литературы БССР, 1963. – 263 с.
4. *Кудриницький Р. Б.* Взаємодія двогранного клина з ґрунтом / *Р. Б. Кудриницький* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – К., 2001. – Вип. 85. – С. 85-90.
5. *Кольцов М. П.* Тяговий опір коливального робочого органа викопувального плуга / *М. П. Кольцов, О. І. Матковський* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 156-160.
6. *Рубцов М. О.* Параметри коливального розпушувача-сепаратора / *М. О. Рубцов, О. І. Матковський* // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 3. – С. 174-180.
7. *Петров Г. Д.* Картофелеуборочные машины / *Г. Д. Петров.* – М.: Машиностроение, 1972. – 400 с.

**ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
РАЗРЫХЛИТЕЛЯ ПЛУГА ДЛЯ ВЫКОПКИ САЖЕНЦЕВ
ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР**

Матковский А. И.

Аннотація – предложена методика определения кинематических параметров разрыхлителя выкопочногo плуга для определения режимов колебаний с подбрасыванием почвы и корневой системы саженца при перемещении по его поверхности.

**RATIONALE OF THE CINEMATIC PARAMETERS
OF THE PLAYER DISCHARGE FOR VACCINATION
OF FILLING CULTURES**

O. Matkovskyi

Summary

The method of determining the kinematic parameters of the digger plow for determining the modes of oscillation with the throwing of the soil and root system of the seedlings during movement along its surface is given.

УДК 633.822

ОГЛЯД СПОСОБІВ І КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ПОСАДКИ ПІДЩЕП ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Михайленко О. Ю., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-24-36, e-mail: elen.mikha@gmail.com

Анотація – у статті описуються способи розмноження плодових культур і їх переваги. Запропоновано технологічні маршрути вирощування підщеп. Подано опис конструкцій для їх посадки.

Ключові слова – підщепа, щепа, окулірування, зелене живцювання, пристрої дискретної дії, закрыта коренева система.

Постановка проблеми. Посадка розсади – одна з трудомістких робіт в сільському господарстві. Перспективним напрямком є технологія вирощування підщеп із закритою кореневою системою. Зниження трудомісткості посадки підщеп і прищеплених рослин в плодових розсадниках на підвищених швидкостях можливо шляхом автоматизації та регулювання технологічного процесу посадки.

Вирішувати проблему автоматизації процесу посадки треба починати з посадкового матеріалу, рослини якого повинні відповідати вимогам роботи автоматів, щоб не проводити сортування і щоб не було життєздатних відходів. Перспективним напрямком посадки підщеп із закритою кореневою системою є автоматизація процесу.

Аналіз останніх досліджень. До теперішнього часу було накопичено певний досвід в розробці та застосуванні автоматів подачі рослин з відкритою кореневою системою в захоплення посадкового апарата. Виробництво посадкового матеріалу із закритою кореневою системою, як окремий напрямок, інтенсивно розвивається протягом останніх 30 років в скандинавських та інших країнах Європи, Канади, США. У Фінляндії і Швеції до 60-80% лісових культур створюються посадкою сіянців, вирощених у теплицях в касетах і контейнерах з торфу, паперу, пластиків та ін. [1].

Формулювання мети статті. В даний час за кордоном широко застосовуються різні автоматизовані пристрої, висаджують підщепи із закритою кореневою системою. Велика частина цих пристроїв дискретної дії, а машини автоматизованої безперервної дії складають не-

значну частку, що вказує на необхідність проведення НИР.

Основна частина. У природних умовах плодові та ягідні рослини здебільшого розмножуються генеративним способом (насінням). Однак деякі види плодових рослин розмножуються також вегетативним шляхом (частинами рослин, рис. 1).

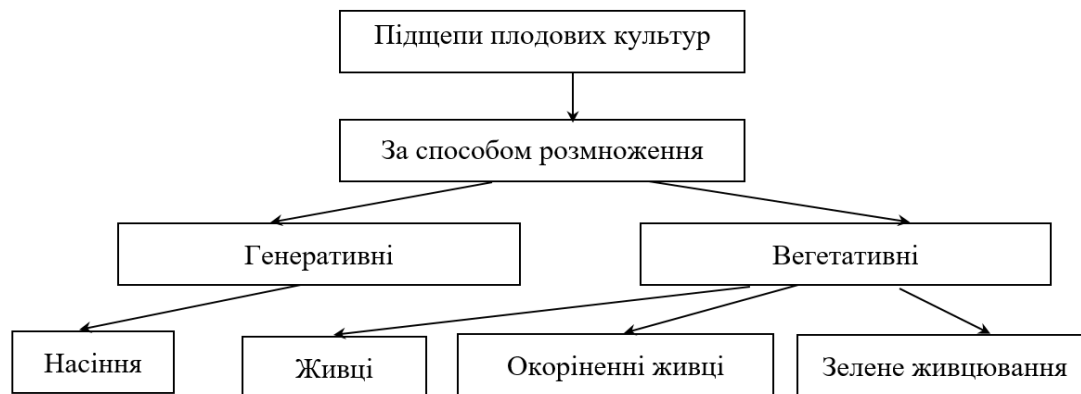


Рис. 1. Класифікація підщеп плодових культур за способом розмноження

Для розмноження культурних плодових рослин користуються поширеним вегетативним шляхом. Це викликається тим, що при розмноженні насінням сортові властивості зазвичай не передаються потомству, а при вегетативному способі розмноження сортові ознаки передаються добре.

Підщепи найчастіше вирощують з насіння диких і напівкультурних плодових дерев. Однак для цього можна використовувати також і насіння витривалих культурних сортів.

Щеплення, по суті, є перенесення певним способом на підщепу шматочків гілочки або ж бруньок культурного сорту, з яких потім розвивається вся надземна частина дерева. В результаті цього підщепа і щепи перетворюються в одну рослину.

Існує багато різних способів щеплення, але всі вони можуть бути розділені на дві основні групи: 1) окулірування, тобто щеплення вічком (брунькою); 2) щеплення живцем, коли для розмноження використовують частину однорічного пагону з декількома бруньками. У всіх промислових розсадниках користуються головним чином першим способом [2].

Живцевими щепленнями користуються не тільки при розмноженні, але і в багатьох інших випадках, наприклад, при окультуренні дикорослих плодових дерев, перещепленні дорослих дерев іншими сортами, при лікуванні сильних пошкоджень у плодових дерев, при вихованні молодих гібридних сіянців.

Способів щеплення живцем існує багато. З них найбільш поширені такі: 1) копулювання просте і поліпшене, 2) щеплення в приклад,

3) щеплення під кору, 4) щеплення у розщип, 5) бічне щеплення. У всіх цих випадках необхідно, щоб зрізи живця і підщепи щільно прилягали один до одного і строго збігалися камбіальними шарами.

Для багатьох дерев і кущів зелене живцювання – один з найбільш продуктивних способів вегетативного розмноження. Метод розмноження зеленими живцями заснований на здатності стеблових живців до утворення додаткових коренів, яка у різних рослин виражена в різному ступені. Для кісточкових культур найбільш вдалим є зелене живцювання в фазі інтенсивного росту пагонів, для якої характерні швидке зростання, зелене забарвлення кори і слабе одеревіння нижньої частини пагонів [3].

Вирощування підщеп вимагає дотримання всіх агротехнологічних вимог. Для їх виконання пропонуються варіанти технологічних маршрутів [4] (рис. 2).

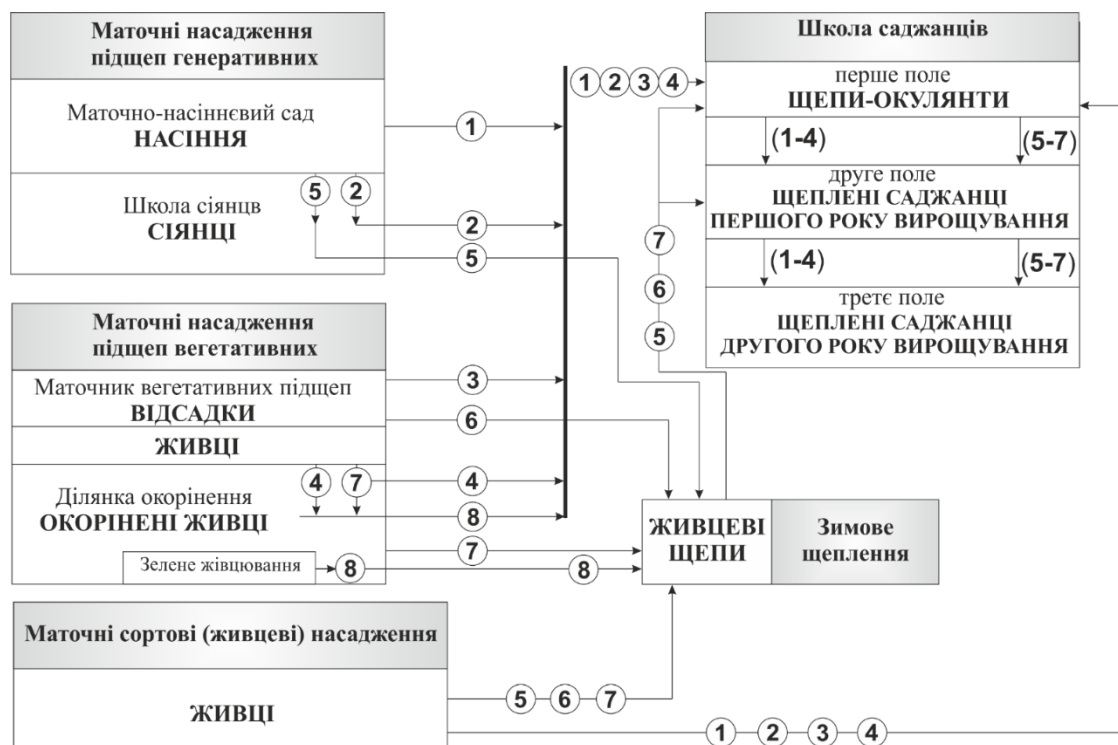


Рис. 2. Варіанти технологічних маршрутів вирощування щеплених саджанців

Якщо при вирощуванні підщеп допущені помилки можуть бути виправлені, то при її висадці будь-яке порушення технології може привести до неправильного розвитку або навіть до загибелі рослини.

Важливо використовувати розсадопосадильні машини, які забезпечують виконання таких агротехнічних операцій (рис. 3):

- висадка підщеп на необхідну і однакову глибину з точним копюванням поверхні ґрунту, що забезпечує повне заглиблення коренів рослин;

- прикочування підщеп для кращого і щільного контакту коренів з ґрунтом і підтримки стійкого вертикального положення;
- точна розстановка рослин в ряду і між рядами для правильного дотримання норми висадки і необхідної площі живлення;
- одночасний полив або укладання стрічки крапельного зрошення для кращої приживлюваності підщеп, внесення добрив або препаратів для захисту рослин в мікрогранулірованій формі, які забезпечують молоді рослини всім необхідним в початковий період росту [5].



Рис. 3. Класифікація садильних апаратів

Розсадосадильні машини виробляють посадку розсади рядовим або квадратним способом.

За типом апарату:

- вертикальний – забезпечує дуже дбайливу висадку, так як стаканчик з розсадою плавно опускається на ланцюговій передачі до самої поверхні ґрунту і тільки тоді відкривається;
- револьверний – характеризується високою продуктивністю і зручністю завантаження розсади;
- з затискачами – призначений для висадки розсади з голим коренем [5].

За типом приводу: ручні сівалки в процесі роботи переміщуються сівачем, а самохідні – з допомогою електричного приводу або двигуна внутрішнього згоряння. Навісні агрегуються з малогабаритними тракторами і самохідними (мостовими) шасі, напівнавісних – з мотоблоками або електрофрезами [6].

Відомі автоматичні системи підрозділяються на автомати з жорсткими, гнучкими касетами і безкасетні.

Жорсткі касети виконані у вигляді плоских елементів (автомат ЛМД-21) або барабанів (автомат АЛП-1).

Основними недоліками автоматів з гнучкими касетами є громіздкість, велика трудомісткість зарядки касет, сход з стрічок опорних

напрямних роликів, низька надійність і працездатність елементів кріплення рослин в стрічці. Посадочні автомати з жорсткими касетами, в порівнянні з автоматами з гнучкими касетами, більш компактні і не вимагають додаткового переміщення при зарядці сіянцями. Разом з тим далеко недосконалі операції подачі касет з бункера до захоплень посадкового апарата машини і звільнення касети від сіянців.

До загальних недоліків автоматів подачі слід віднести тривалий час технологічного перебування кожної рослини на відкритому повітрі під впливом сонячних променів, обмеженість в породному складі, розмірах та інших параметрах посадкового матеріалу. Відомо, що час перебування кожної рослини з відкритою кореневою системою не повинно перевищувати 5 хвилин. В іншому випадку, різко знижується приживлюваність рослин і сповільнюється їх зростання [1].

Для зменшення швидкості поступального руху посадкових машин, трактори, що працюють на посадці, обладнуються ходозменшувачем (демультиплікатором, тобто спец. зубчастою передачею, що встановлюється між коробкою передач і муфтою зчеплення трактора) [7].

Прогрес може бути досягнутий при застосуванні технології та агротехніки вирощування садівного матеріалу, що дозволяють механізувати й автоматизувати викопування, вибірку і зарядку касет. Разом з тим треба ще вирішувати завдання, пов'язані з надійністю і працездатністю автоматів подачі рослин.



Рис. 4. Модель DUE MANUAL

Універсальна розсадосадильна машина придатна для висадки розсади з касет будь-яких типів, а також цибулин, бульб, насіння і будь-яких інших видів рослин, включаючи декоративні і саджанці в

розплідниках.

За допомогою даної машини можливо висаджувати розсаду і/або одночасно мульчувати (накривати) ґрунт плівкою або покривним матеріалом. Машина для висадки розсади оснащена подвійною рамою. До зовнішньої рами, яка має чотири опорних колеса, прикріплена на незалежній підвісці внутрішня рама. Вертикальні елементи, що висаджують, з шістьма склянками розташовані на внутрішній рамі [5].

Машина СКН-6А (рис. 5) призначена для посадки широкорядним і стрічковим способами безгоршкової і горшкової розсади овочів, суниці, живців і дичок плодово-ягідних культур, ефіроносів і тютюну. Машина працює на полях з рівною поверхнею, висаджує розсаду довжиною від кореневої шийки до кінців витягнутих листків 100...300 мм з довжиною коренів 30...120 мм. Агрегатується з колісними і гусеничними тракторами тягового класу 1,4 і 3 кН, забезпеченими ходозменшувачами. Робоча швидкість становить 0,6...3,5 км/год. [8].

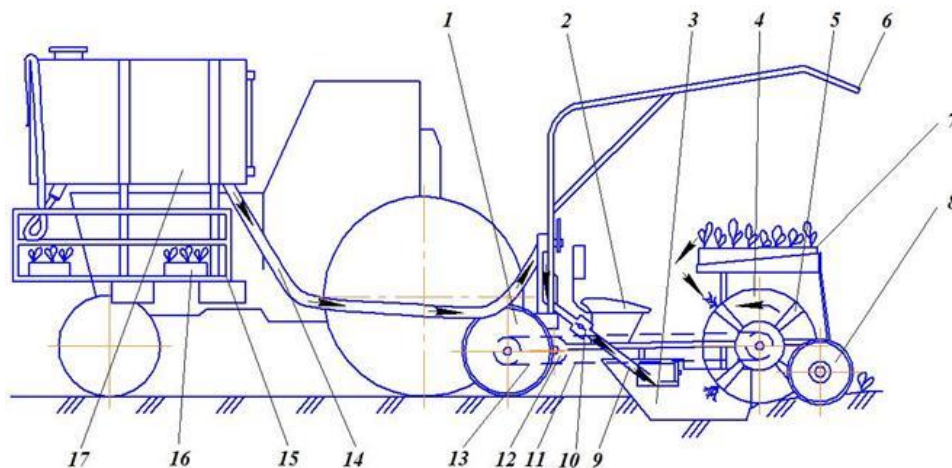


Рис. 5. Схема робочого процесу машини СКН-6А

Вітчизняна саджалка САБ-1 виробляє посадку брикетованих саджанців при безперервному технологічному процесі. Брикети з касет, що знаходяться на платформі трактора ЛХТ-55, подаються стрічкопротяжним пристроєм у висаджуючий апарат [1].

Розсадосадильні машини виробляють посадку розсади рядовим (СР-6-М) або квадратним способом (СРН-4). Розсадосадильна машина СРН-4 призначена для квадратної посадки підщеп, вирощеної в торфоперегнійних горщиках. Відстань між рослинами, висадженими машиною, може бути встановлено 60×60 або 70×70 см. Машина СРН-4 чотирирядна, навісна на трактор МТЗ-2 «Білорусь», обладнаний навісною системою і ходозменшувачем, що дозволяє працювати на швидкості 0,8-1,2 їм на годину. З 1953 р. машина поставлена на виробництво і оснащення сільського господарства [7].

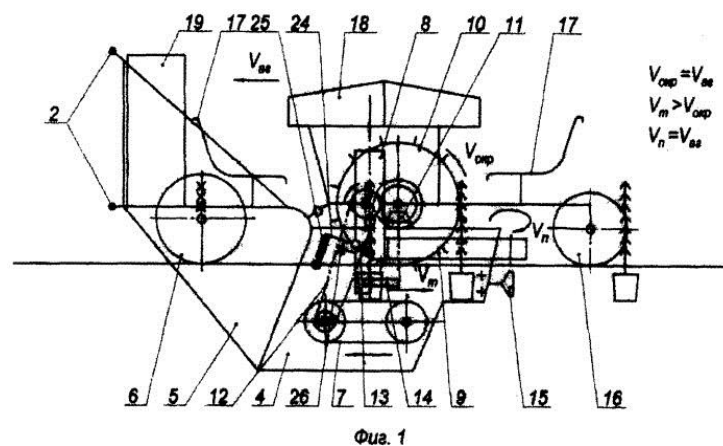


Рис. 6. Схема робочого процесу машини для посадки сіянців із закритою кореневою системою

Машина для посадки сіянців із закритою кореневою системою включає раму, бункери для заряджених і відпрацьованих касет, механізм навішування, опорні колеса, що ущільнюють катки, леміш, плоский ніж, механізм подачі і вертикальний сіянцепровід. Механізм подачі виконаний у вигляді горизонтального транспортера, встановленого під сіянцепровідом. Останній виконаний у вигляді труби квадратного перетину, передня стінка якої в нижній частині для проходу кому кореневої системи вкорочена, а вище має проріз для проходу стовбурової частини сіянця. Усередині труби встановлена підпружинена заслінка з регульованим зусиллям виштовхування сіянця з труби на транспортер, що переміщує рослину в зів плоскострижкового двохструмкового посадкового апарату. Винахід дозволить підвищити надійність і якість посадки [9].

Висновки.

1. Застосувати зарубіжні досягнення в автоматизації процесу посадки в чистому вигляді в практиці вітчизняного машинобудування не можна. Необхідні глибокі наукові дослідження і дослідно-конструкторські роботи у технології і агротехніці вирощування садівного матеріалу різних деревинних і чагарникових порід, поширених в Україні, в обґрунтуванні їх параметрів, технології створення культур брикетованими рослинами, конструкції і параметрів автоматів поштучного подачі посадкового матеріалу з транспортних контейнерів в посадковий апарат лісосадивних машин безперервного і дискретного дії.

2. Визначення фізико-механічних властивостей ґрунту після зеленого живцювання в закритому ґрунті (щільність брикетів). Визначення та отримання параметрів рослин по сортам, їх стандартизація для слаборослих підщеп ВСЛ-2 кісточкових культур.

Література

1. Автоматизация процесса посадки растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <file:///D:/Users/Admin/Desktop/avtomatizatsiya-protsesta-posadki-rasteniy.pdf>.
2. Способы размножения плодово-ягодных растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrofak.com/plodovodstvo/razmnozhenie-plodovo-yagodnykh-rastenij/sposoby-razmnozheniya-plodovo-yagodnykh-rastenij.html>.
3. Размножение с помощью зеленого черенкования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lovesad.ru/sad/1178-razmnojenie-s-pomoshu-zelenogo-cherenkovaniia.html>.
4. Караев О. Г. Якість продукції розсадництва плодкових культур монографія / О. Г. Караев, Л. М. Толстолік. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – 150 с.
5. Рассадопосадочные машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.agrosistema.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=76%20-%20PRACTICA.
6. Классификация посевных машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sejalki.ru/articles/obzor-i-otsenka-konstruktsiy-ovoshnih/klassifikatsiya-posevnykh-mashin-i-ih-osnovnykh.html>.
7. Рассадопосадочные машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrolib.ru/rasteniievodstvo/item/f00/e0001733/index.shtml>.
8. Особенности конструкции рассадопосадочной машины СКН-6А [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/3_132967_osobennosti-konstruktsii-rassadoposadochnoy-mashini-skn-a.html.

**ОБЗОР СПОСОБОВ И КОНСТРУКЦИЙ МАШИН
ДЛЯ ПОСАДКИ ПОДВОЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР**

Михайленко Е. Ю.

Аннотация – в статье описываются способы размножения плодовых культур и их преимущества. Предложены технологические маршруты выращивания подвоев. Подано описание конструкций для их посадки.

**REVIEW OF METHODS AND STRUCTURES FOR PLACING
FRUIT CROPS**

E. Mikhailenko

Summary

The ways of reproduction of fruit crops and their advantages are described in the article. Technological ways of raising of scions are formulated. The description of planting mechanisms are reflected.

УДК 628.941.8

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ДОСВІЧУВАННЯ РОСЛИНВ УМОВАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Михайленко М. М., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (098) 250-58-89

Анотація – на основі розгляду існуючих джерел та пристроїв для досвічування у господарстві, а саме процес освітлення в умовах захищеного ґрунту, у статті проведено аналіз використання світлодіодних пристроїв.

Ключові слова – лампа розжарювання, газорозрядні лампи, світлодіодні лампи, досвічування, захищений ґрунт, аналіз, порівняння.

Постановка проблеми. Процес досвічування рослин не вивчений досконало, а необхідність вирощування рослин на протязі всього року зростає. Україна має великий потенціал у вирощуванні рослин в умовах захищеного ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. Розвиток і зростання рослин відбувається завдяки процесу фотосинтезу, що протікає у рослині. Керування процесом фотосинтезу – найефективніший спосіб керування врожайністю і розвитком рослини. Відомо, що для деяких видів рослин необхідна не лише червона складова спектру, а і синя також, але в значно меншій кількості.

Рослини мають пігменти, що відповідають за поглинання тих чи інших складових спектру. Пігменти, що реагують на червоне світло впливають на: розвиток кореневої системи, дозрівання плодів, цвітіння рослин. Сині пігменти – збільшення зеленої маси.

Мета статті. Огляд існуючих джерел та пристроїв для досвічування рослин в умовах захищеного ґрунту.

Основна частина. Для підвищення ефективності штучного опромінювання необхідно вибрати джерело, що має спектральний склад, що сприяє максимальному росту рослин, при цьому цей спектральний склад може змінюватися в залежності від фази розвитку рослини, виду рослини, продукції, що отримується (плоди, зелена маса та ін.), а також умов навколишнього середовища (вологість повітря та

грунту, температура, газовий склад, набір живлячих речовин та мікроелементів, їх кількість) [4].

В якості штучних джерел оптичного випромінювання в спорудах захищеного ґрунту виділяють такі основні види ламп: лампи розжарювання, газорозрядні лампи та світлодіодні світильники [3].

Штучне освітлення повинне забезпечувати той спектр електромагнітного випромінювання, що рослини в природі отримують від Сонця, або, у разі неможливості його отримання – спектр тих кольорів, які потребує рослина на даному етапі розвитку. На рисунку 1 розташовані джерела для досвічування рослин за якістю і повнотою спектру випромінювання. Вуличні умови імітуються не лише шляхом підбору колірної температури світла і його спектральних характеристик, але й за допомогою зміни інтенсивності світіння ламп. Залежно від виду вирощуваної рослини, її етапу розвитку (проростання, зростання, цвітіння чи дозрівання плодів), а також поточного фотоперіоду, потрібен особливий спектр, світлова віддача і колірна температура джерела світла.

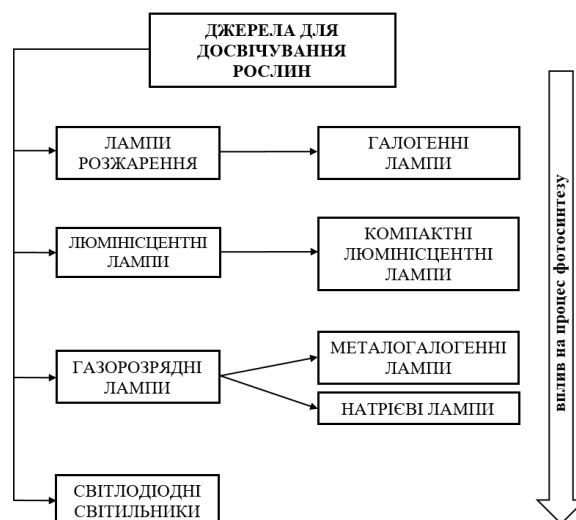


Рис. 1. Класифікація за спектром випромінювання

Першими у досвічуванні почали використовувати лампи розжарювання. Освітлювальний прилад, в якому світло випромінюється тугоплавким провідником, нагрітим електричним струмом до розжарювання. В таблицях 1 і 2 представлені основні характеристики, переваги і недоліки ламп [3].

Таблиця 1

Характеристики ламп розжарювання

Характеристики	
діапазон потужностей	від 25 до 150 Вт (для побут. викор.) до 1000 Вт
температура розжарення	в межах 3000 °С
світлова віддача	від 9 до 19 Лм/Вт
ресурс роботи	1000 годин (220 В) і 2500 годин (127 В)

Таблиця 2

Переваги і недоліки ламп розжарювання

Переваги	Недоліки
високий індекс передачі кольору, R_a 100	низька світлова віддача
налагодженість у масовому виробництві	відносно малий термін служби
безперервний спектр випромінювання	крихкість, чутливість до удару і вібрації
низька ціна	різка залежність світлової віддачі і терміну служби від напруги
невеликі розміри	світловий коефіцієнт корисної дії ламп розжарювання 4%

Після ламп розжарювання, для досвічування розпочали використовувати газорозрядні лампи. Існують такі типи: лампи низького, високого і надвисокого тиску. Розряд в таких лампах відбувається в інертних газах (неон, ксенон) або парах металів (ртуть, натрій), а також в суміші парів ртуті з іншими елементами (галієм, індієм, талієм, літієм). Джерелом випромінювання в газорозрядних лампах може бути світло, ініційоване проходженням електричного струму або ж випромінюванням люмінофора як наслідок поглинання їм ультрафіолетового випромінювання [2]. В таблицях 3 і 4 представлені основні характеристики, переваги і недоліки ламп.

Таблиця 3

Характеристики газорозрядних ламп

Характеристики	
ефективність	від 40 до 150 лм/Вт
колір випромінювання	тепло-білий (3000 K) або нейтрально-білий (4200 K)
ресурс роботи	від 3 000 до 20 000 годин

Таблиця 4

Переваги і недоліки газорозрядних ламп

Переваги	Недоліки
висока ефективність ламп	висока вартість
тривалий термін служби в порівнянні з лампами розжарювання	переривчастий спектр випромінювання
економічність	великі розміри

Світлодіодні світильники найперспективніше рішення для досвічування. Основу світлодіоду складає штучний напівпровідниковий кристал, в якому реалізований р-п-перехід. Колір свічення залежить від матеріалу кристала.

Промисловість виготовляє світлодіоди усіх кольорів. Посилення свічення добиваються різними способами. В одних випадках до складу кристала вводять спеціальні добавки і присадки, в інших – застосо-

вують багатошарові структури, що дозволяє реалізувати в одному кристалі відразу декілька р-п-переходів, збільшивши тим самим яскравість його свічення [2].

Значною перевагою світлодіодних джерел є можливість отримання монохроматичного випромінювання у фітоактивній частині спектру. Привабливість світлодіодів для вирощування рослин в приміщеннях обумовлена багатьма факторами. Серед них: низька електрична потужність, відсутність баласту, низьке тепловиділення, що дозволяє встановлювати світлодіоди впритул до рослин без побоювань пошкодити їх. Також варто зазначити, що використання світлодіодів знижує випаровування, призводячи до подовження проміжків між поливами. Існує кілька активних ділянок спектру: для хлорофілу і каротиноїдів. Тож у світлодіодному світильнику може поєднуватися декілька кольорів, що перекривають ці фітоактивні ділянки. Основні характеристики світлодіодів – це робочий струм, напруга, потужність, світловий потік, сила світла (ефективність), колірна температура, габарити і кут розсіювання [2].

Вольт-амперна характеристика світлодіодів в прямому напрямку нелінійна. Діод починає проводити струм, починаючи з деякої порогової напруги. Ця напруга дозволяє досить точно визначити матеріал напівпровідника. В таблицях 5 і 6 представлені основні характеристики, переваги і недоліки ламп.

Таблиця 5

Характеристики світлодіодних ламп

Характеристики	
спектр сучасних білих світлодіодів	від теплого білого (2700 К) до холодного білого (6500 К)
ресурс роботи	від 30000 до 100000 годин

Таблиця 6

Переваги і недоліки світлодіодних ламп

Переваги	Недоліки
спектральна чистота, досягається не фільтрами, а принципом пристрою приладу	для живлення світлодіодів необхідно застосовувати драйвери або інші джерела живлення
висока світлова віддача	дуже висока ціна у якісних світлодіодів від відомих виробників
тривалий термін служби	

Порівняємо відомі джерела для досвічування рослин з світлодіодним повноспектральним.

При порівнянні світлодіодів з газорозрядними лампами дійсно порівнюється з трьома різними видами освітлення: натрієвими висо-

кого тиску, метал галогенними та керамічними металгідридні лампи [1].

Натрієві лампи високого тиску дешевші за вартістю встановлення ніж світлодіодні, але в них гірше теплова потужність і натрієві лампи не здатні змінюватися впродовж життєвого циклу рослини. В таблиці 7 представлені ключові особливості ламп і світлодіодів.

Таблиця 7

Ключові особливості світлодіодів і натрієвих ламп

Світлодіоди повного спектру	Натрієві лампи високого тиску
низька тепловіддача	вище тепловіддача
менш громіздкі	оптимізовані для фази цвітіння
	потрібен баласт і рефлектор

Металгідридні лампи ефективніші при вегетативній фазі і коштують дешевше, але виділяють багато тепла і дедалі гірше протягом життєвого циклу рослини [1].

Керамічні металгідридні лампи є кращими конкурентами газорозрядним і світлодіодам повного спектру. Вони випромінюють ефективний спектр світла і їх вартість приблизно така ж, як у повнофункціонального світильника. В таблиці 8 наведені ключові особливості ламп і світлодіодів.

Таблиця 8

Ключові особливості світлодіодів і керамічних ламп

Світлодіоди повного спектру	Керамічні металгідридні лампи
подібні витрати на встановлення як і у керамічних	дорожчі інших газорозрядних ламп
менша тепловіддача	потрібен спеціальний баласт
вища ефективність	

Компактні люмінесцентні лампи хоч і ефективні, але краще використовувати тільки для фази вегетативного росту рослини. Це пов'язано з тим, що вони не виділяють достатньо високу інтенсивність світла в необхідному діапазоні, щоб рослини добре себе почували під час фази цвітіння. В таблиці 9 представлені ключові особливості ламп і світлодіодів. Відмінності різних джерел для досвічування рослин наведені в таблиці 10 [1].

Таблиця 9

Ключові особливості світлодіодів і КЛ ламп

Світлодіоди повного спектру	Компактна люмінесцентна лампа
дорожчі	недорогі
краще спектр світла	добре підходять для вегетативної фази зростання

Таблиця 10

Відмінності різних джерел для досвічування рослин

Фактор	Повно спектральні світлодіоди	Натрієві лампи	Метал гідридні лампи	Керамічні метал гідридні лампи	Компактні флуоресцентні лампи
Ціна	висока	середня	середня	висока	низька
Виділення тепла	низьке	високе	високе	високе	низьке
Повний спектр	так	ні	ні	так	ні
Розмір лампи	малий	великий	великий	великий	малий
Час роботи	50,000	15,000	15,000	20,000	10,000

На рисунку 2 наведено світловіддачу різних видів ламп.

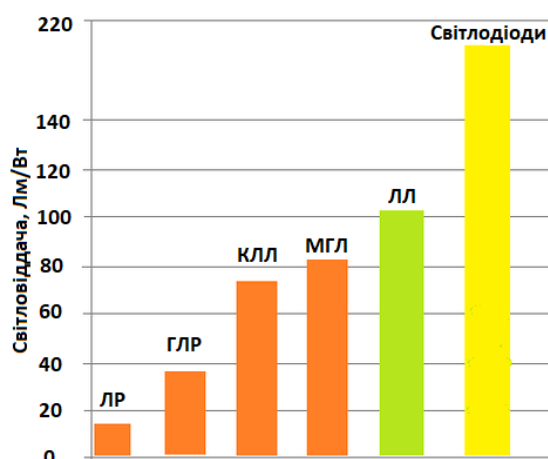


Рис. 2. Світловіддача різних видів ламп: ЛР – лампи розжарювання; ГЛР – галогенні лампи; КЛЛ – компактні люмінесцентні лампи; МГЛ – металогалогенні лампи; ЛЛ – люмінесцентні лампи; Світлодіоди – світлодіодні лампи

Висновки. Кожна рослина має свої умови фотосинтезу до навколишнього освітлення. Тож джерела штучного світла мусять імітувати умови освітлення, до яких пристосована рослина. Необхідно застосовувати більш універсальне джерело. Що більша рослина, то більше світла їй необхідно.

Сучасні світлодіодні (LED) технології дозволяють створювати світло будь-якого кольору та інтенсивності. Використовуючи світлодіоди різного кольору у різних пропорціях можна формувати світильники, які даватимуть потрібну кількість світла лише того діапазону, який активно споживають рослини. Це сприятиме швидкому і гармонійному розвитку рослини.

При правильному підборі світлового спектру, LED модулі на 85-100% ефективніші для процесу фотосинтезу ніж існуючі джерела фотосинтезного випромінювання. Більш економічні та мають значно більший термін безперервної роботи.

Використання комбінованих способів стимулюючої електрофізичної дії на насіння із створенням світлового режиму, поєднавши природне та штучне освітлення на основі світлодіодів, дозволить отримати якісний посадочний матеріал. Дана технологія відкриває великі можливості щодо вирощування високоякісної розсади овочевих культур.

Література

1. The Best Full Spectrum LED Grow Lights [Updated 2017] [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epicgardening.com/best-full-spectrum-led-grow-lights/#tab-con-8>.

2. *Никифорова Л. Є.* Енергозберігаючі світлодіодні джерела випромінювання для сільського господарства / *Л. Є. Никифорова, І. В. Кізім* // Праці ТДАТУ. – 2011. – Вип. 11, т. 3. – С. 143-147.

3. Лампи для підсвічування розсади – варіанти, плюси і мінуси [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://vidpoviday.com/lampidlya-pidsvichuvannya-rozsadi-varianti-plyusi-i-minusi>.

4. Indoor Grow Lights [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epicgardening.com/indoor-grow-lights/>.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДОСВЕЧИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Михайленко М. М.

Аннотация – на основе рассмотрения существующих источников и устройств для досвечивания в хозяйстве, а именно процесс освещения в условиях защищенного грунта, в статье проведен анализ использования светодиодных устройств.

REVIEW OF EXISTING LIGHT SOURCES AND DEVICES FOR PLANT INTERLIGHTING IN CONDITIONS OF PROTECTED SOIL

M. Mykhailenko

Summary

The existing ways for interlighting of plants in conditions of protected soil are analyzed. The advantages and disadvantages of using LED as plant interlighting are outlined.

УДК 535.44

ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА ПРИ ВІДБИТТІ ВІД ГАРМОНІЧНОЇ ГРАТКИ

Дьоміна Н. А., к.т.н.,

Морозов М. В., к.ф.-м.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-68-74

Анотація – робота присвячена дослідженню дифракційної ефективності відбиваючої ґратки та її залежності від кута освітлення, кута дифракції та параметрів одновимірної ґратки. Використовується чисельний метод моделювання дифракції Фраунгофера у випадку скалярного наближення.

Ключові слова – відбиваюча синусоїдальна ґратка, дифракція Фраунгофера, дифракційна ефективність.

Постановка проблеми. У прецензійному машинобудуванні, у тому числі і сільськогосподарському, використовують метрологічні дифракційні ґратки для вимірювання лінійних розмірів з надвисокою точністю ($\Delta = 10^{-8}$ м). Розробка та застосування голографічних технологій дозволяє отримати відбиваючі дифракційні ґратки з синусоїдальним профілем. Тому розгляд дифракції світла у цьому випадку з метою визначення дифракційної ефективності та оптимізації параметрів ґратки є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. В роботах [1, 2] розглянуто інтенсивність дифракційної хвилі для гармонічної відбиваючої ґратки, в першу чергу у випадку нормального освітлення та відбиття. Для центрального нульового дифракційного максимуму інтенсивність відбитої хвилі залежить від амплітуди z_m профілю одновимірної синусоїдальної ґратки

$$I = I_0 \cdot J_0^2\left(\frac{4\pi z_m}{\lambda}\right), \quad (1)$$

де $J_0 = J_0\left(\frac{4\pi z_m}{\lambda}\right)$ – функція Бесселя 0-го порядку;

λ – довжина хвилі випромінювання;

z_m – амплітуда синусоїдального рельєфу ґратки.

Розглянуто нулі функції Бесселя, які відповідають парному

числу зон Френеля у відповідному методі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Вивчити залежність дифракційної ефективності від кута падіння α , кута дифракції φ та параметрів відбиваючої гармонічної ґратки. Крім того, треба розглянути обмеження цієї моделі для кутів дифракції, при яких не відбуваються повторні відбиття.

Основна частина. Одновимірна відбиваюча гармонічна дифракційна ґратка має рельєф, який задається функцією

$$z = z_m \cdot \sin k_1 x, \quad (2)$$

де $k_1 = \frac{2\pi}{d}$ – хвильове число оберненої ґратки;

d – період синусоїдальної ґратки;

z_m – амплітуда профіля гармонічної ґратки.

Розглянемо дифракцію Фраунгофера плоских хвиль для гармонічної відбиваючої ґратки. Оптична різниця ходу при відбитті від одновимірної ґратки дорівнює (рис. 1)

$$\Delta(\alpha, \varphi, x) = x(\sin \alpha + \sin \varphi) + z_m \cdot (1 - \sin k_1 x)(\cos \alpha + \cos \varphi), \quad (3)$$

де α – кут падіння;

φ – кут відбиття (дифракції).

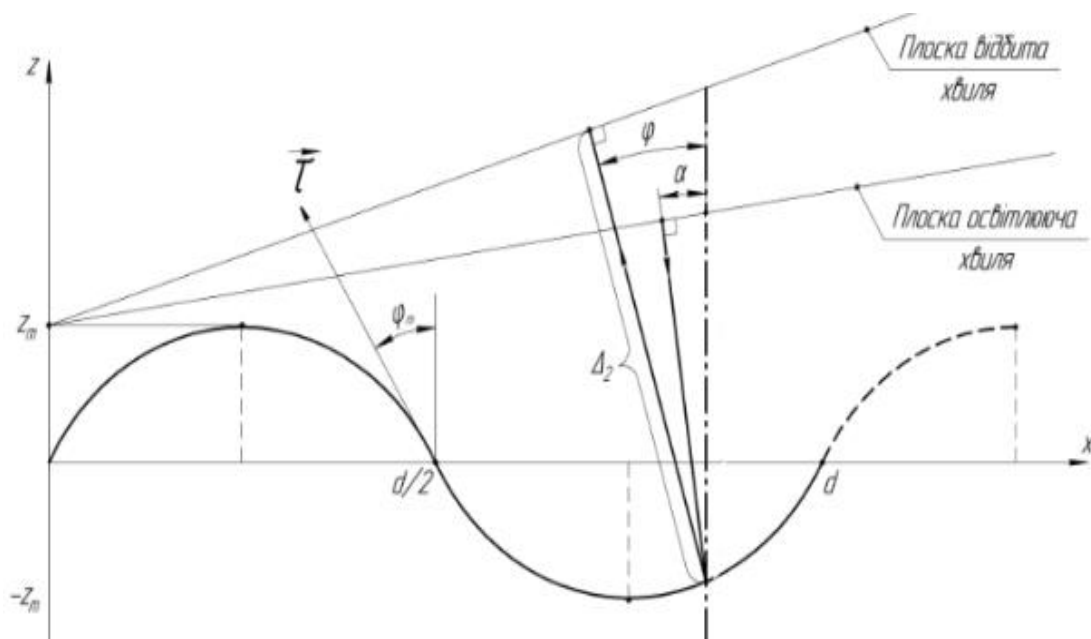


Рис. 1. Дифракція на гармонічній відбиваючій ґратці

Для випадку скалярного наближення амплітуда E плоскої відбитої хвилі при дифракції Фраунгофера, якщо не враховувати повторного відбиття (рис. 1), дорівнює [1-3]

$$E = \frac{E_0}{d} \cdot \int_0^d e^{i(\omega t - k \cdot \Delta)} \cdot dx, \quad (4)$$

де $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – хвильове число плоскої хвилі.

Тоді, з урахуванням оптичної різниці (3), отримаємо

$$E(\alpha, \varphi, z_m) = \frac{E_0}{d} \cdot e^{i\omega t} \cdot e^{-ikz_m(\cos\alpha + \cos\varphi)} \times \\ \times \int_0^d e^{-ik[x(\sin\alpha + \sin\varphi) - z_m(\cos\alpha + \cos\varphi)\sin k_1 x]} \cdot dx. \quad (5)$$

Інтеграл (5) не визначається аналітичними функціями, а знаходиться наближеними чисельними методами. Розроблено алгоритм та програму розрахунку інтенсивності відбитого світла від синусоїдальної ґратки у залежності від кутів освітлення і дифракції та параметрів ґратки. Інтенсивність світла пропорційна квадрату амплітуди та визначається після усереднення по часу за допомогою математичного пакету *MathCad* (рис. 2)

$$I(\alpha, \varphi, z_m) = I_0 \langle E \cdot E^* \rangle \quad (6)$$

Для розгляду дифракції електромагнітних хвиль, у тому числі світлових, використовують також чисельний метод розв'язання систем диференціальних рівнянь Максвелла у кінцевих різницях у часовому просторі (FDTD). Цей метод може бути застосовано для опису інтенсивності дифракційної картини у ближній зоні (дифракція Френеля).

Розглянемо обмеження для кутів дифракції, при яких не відбуваються повторні відбиття від гармонічної ґратки (рис. 1). Тоді виконується умова для максимального кута дифракції φ_m

$$\operatorname{tg} \varphi \leq \frac{dx}{dz} = \frac{1}{z'(x)} = \frac{d}{2\pi \cdot z_m \cdot \cos k_1 x}. \quad (7)$$

Таким чином, застосована модель обчислення інтенсивності дифракції справедлива для достатньо малих кутів відбиття ($\varphi_m < 60^\circ$) та значень амплітуди модуляції рельєфу ґратки ($z_m < 0,2 \text{ мкм}$).

Відповідні графіки залежності інтенсивності дифракції від кутів падіння z_m ґратки приведені на рисунку 2 (період дифракційної ґратки дорівнює $d = 2\lambda = 1,26 \text{ мкм}$, довжина $L = 2d$). При збільшенні довжини одновимірної ґратки дифракційні максимуми суттєво звужуються подібно до того, як змінюється дифракційна картина при збільшенні числа щілин N для пропускаючих ґраток.

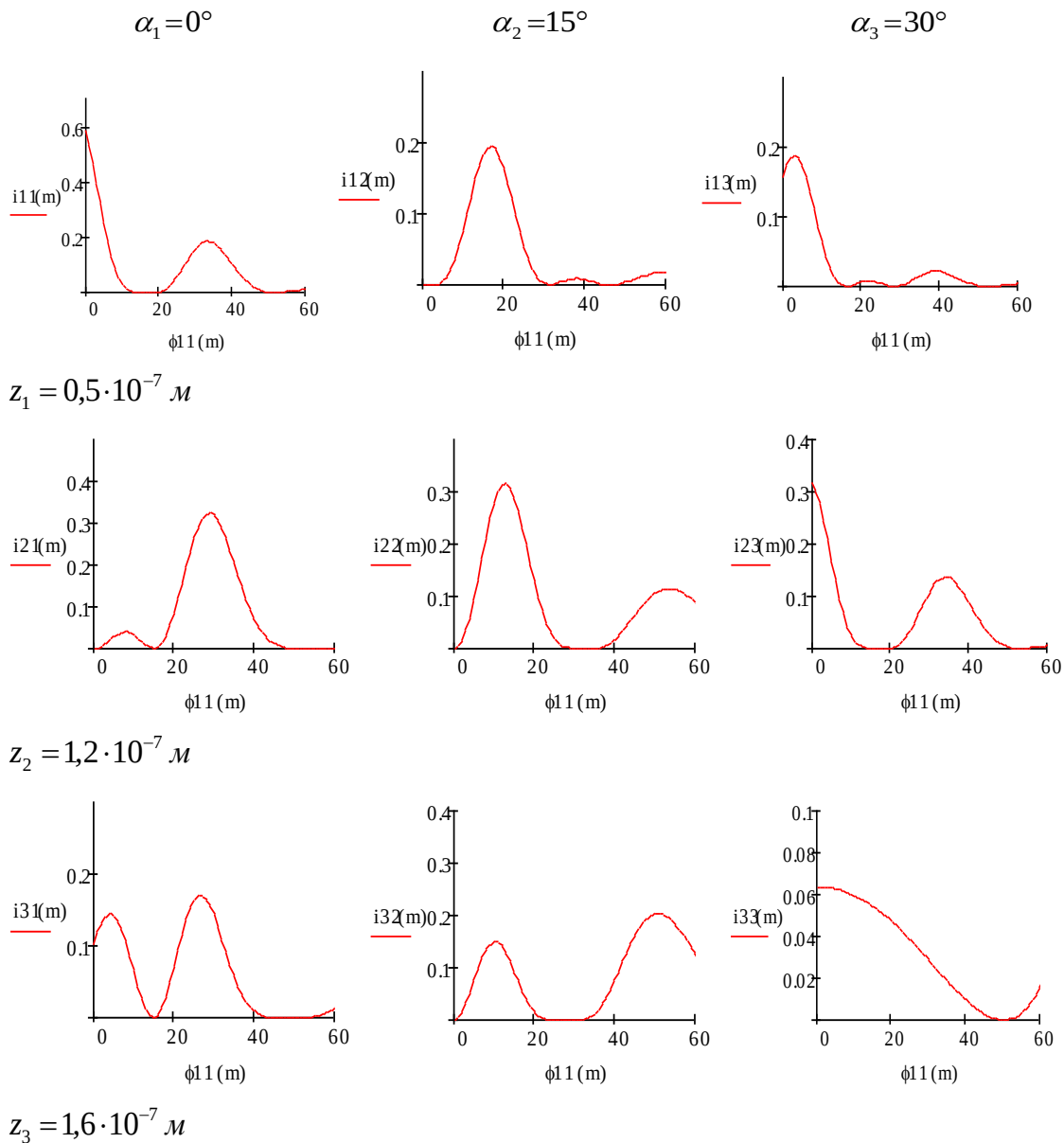


Рис. 2. Графіки залежності інтенсивності дифракційної хвилі від кута ϕ дифракції для різних кутів α освітлення та амплітуди z_m модуляції рельєфу гармонічної ґратки

Висновки. Для відбиваючої гармонічної дифракційної ґратки розглянуто дифракцію Фраунгофера та залежність дифракційної ефективності від кутів освітлення та відбиття. Вивчено залежність інтенсивності дифракційної плоскої хвилі від амплітуди синусоїдального профіля одновимірної ґратки. Також розглянуто чисельний метод розрахунку інтенсивності для вищих порядків дифракції з використанням пакету *MathCad*. Результати досліджень можуть бути використані при розробці технології виготовлення голографічних дифракційних ґраток, голограм Бентона та *D*-голограм.

Література

1. Дьоміна Н. А. Відбиваючі дифракційні ґратки з гармонічним рельєфом / Н. А. Дьоміна, М. В. Морозов // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15, т. 4. – С. 111-114.

2. Morozov N. V. Sine-Shaped Reflective Diffraction Gratings / N. V. Morozov, N. A. Diomina. – Kyiv, 2015. – P. 253-254. – (16th International Scientists Conference Optics and High Technology Material Science. SPO 2015, Scientific Work).

3. Калитеевский Н. И. Волновая оптика: учеб. пособие для университетов / Н. И. Калитеевский – М.: Высш. школа, 1978. – 383 с.

ДИФРАКЦИЯ СВЕТА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ ГАРМОНИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

Демина Н. А., Морозов Н. В.

Аннотация – работа посвящена исследованию дифракционной эффективности и ее зависимости от углов освещения и дифракции, а также от параметров отражающей гармонической решетки. Используется численный метод моделирования дифракции Фраунгофера в случае скалярного приближения.

DIFFRACTION AT HARMONIC GRATINGS

N. Diomina, N. Morozov

Summary

This work dedicated to the study of the diffraction efficiency and its dependence on the illumination and diffraction angles, as well as on parameters of harmonic reflection gratings. A numerical method for the simulation of Fraunhofer diffraction in the case of a scalar approximation was used.

УДК621.74:669

МЕТОДИКА І МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ

Автухов А. К., к.т.н.

*Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

Анотація – запропонована методологія проведення досліджень за новими підходами щодо підвищення довговічності валків шляхом теоретичних обґрунтувань на всіх етапах життєвого циклу їх виробництва й експлуатації.

Ключові слова – методика, методологія, хромонікелевий чавун, експлуатаційна стійкість, умови експлуатації, хімічний склад, фазовий склад.

Актуальність роботи. В теперішній час на сорто- і листопрокатних станах знайшли широке застосування прокатні валки з хромонікелевого чавуну [1, 2]. Чавунні леговані валки виконання СПХН і СПХНМ широко застосовують на всіх типах сортопрокатних станів. Двошарові хромонікелеві валки виконань ЛПНХд і ЛПХНМд знаходять застосування в клітях безперервних і напівнеперервних широкосмугових, середнє- і товстолистових, а також дресировальних станів [3].

Умови роботи валків станів гарячої прокатки характеризуються циклічним впливом температури (близько 600°C) і питомих тисків (до 3 т/мм²). Тому при виробництві до їх робочого шару пред'являються особливі вимоги (висока твердість, зносостійкість, міцність, глибина робочого шару і мінімальний рівень залишкових напружень), які забезпечують їх високі експлуатаційні властивості та якість прокату [4, 5]. Однією з причин, що викликає відмови валків в період експлуатації, є нестабільність їх властивостей через наявність залишкового аустеніту і його розпаду.

Збільшення продуктивності прокатних станів при одночасному підвищенні вимог до характеристик прокату (точність геометричних розмірів, обробка продукції) висуває все більш високі вимоги до якості валків, збільшення терміну їх служби та економії енергоресурсів. Вирішення цих проблем для прокатних валків такого

типу може бути досягнуто як застосуванням додаткового мікролегування та модифікування розплавів, так і позапічною їх обробкою та і вдосконаленням технології їх виготовлення. Виробництво таких валків із заданим рівнем властивостей, стабільною структурою робочого шару, надійно працюючих в умовах температур і навантажень, що циклічно змінюються, можливо лише на основі вивчення факторів, які визначають їх якість та службові властивості при експлуатації.

Важливими є і опрацювання теоретичних, технологічних основ підвищення довговічності прокатних валків з хромонікелевого чавуну. Тому розробки, спрямовані на вирішення цих проблем, можуть бути віднесені до важливих та актуальних.

Мета роботи. Розробити методологію проведення досліджень за новими підходами щодо підвищення довговічності валків шляхом теоретичних обґрунтувань на всіх етапах життєвого циклу їх виробництва й експлуатації.

Викладення основного матеріалу. Пошук шляхів підвищення експлуатаційної стійкості прокатних валків з хромонікелевого чавуну повинен базуватися на узагальненні відомих публікацій, аналізі їх властивостей і пошуку значущих чинників, що впливають на показники якості, ролі оптимізації складу сплавів, параметрів технологічних процесів їх відливання і термообробки. При цьому, важлива роль повинна бути відведена вивченню умов їх експлуатації (оптимізації напруження в міжремонтний період, системі охолодження і підбору в комплект).

Обґрунтування способів підвищення споживчих властивостей валків повинно базуватися на аналізі вивчення інформації стосовно сфери їх застосування, способів виготовлення і причин виникнення відмов. У лабораторних та промислових умовах необхідно з'ясувати вплив хімічного складу, способів виливки, застосовуваних модифікаторів для валкових сплавів, а також ефективність використання методів позапічної обробки валкових розплавів для підвищення якості виливків, а також вплив термічної обробки на властивості чавуну валків.

Обґрунтування шляхів підвищення працездатності валків, що застосовуються для виготовлення валків сортових (СПХН-46, СПХНМ-48) і листових (ЛПХНд-63, ЛПХНд-71, ЛПХНд-72, ЛПХНд-74, ЛПХНМдц-71, ЛПХНМдц-73) станів, відлиті методом стаціонарної та відцентрової виливки повинні враховувати теоретичні та експериментальні напрямки досліджень, в тому числі і з розробки енергозберігаючих технологічних процесів, коригування їх параметрів.

Аналіз причин руйнування валків доцільно виконувати органо-

лептичними, інструментальними й експериментальними методами [6]. Величину зносу валків визначати інструментальним методом з використанням універсальних (мікрометричних з точністю вимірювання не більше 0,01 мм) і спеціальних вимірювальних інструментів. Якість металу досліджуваних валків визначати на зразках, вирізаних від припуску бочки торцевої частини валків.

Вивчення мікроструктури (вихідне і після експлуатації) проводити з використанням оптичних мікроскопів МІМ-8 і «Neuphot-2», В6-5134 фірми «Tesla» при збільшеннях $\times 100-1000$.

Для аналізу фазового складу в хромонікелевих чавунах в роботі використовувати електронну мікроскопію і оптико-математичну методику, засновану на гідродинамічних аналогіях, що відбуваються при формуванні фаз. За допомогою комп'ютера обробляти отримані в форматі bmp зображення отриманих мікроструктур хромонікелевого чавуну [7, 8].

Хімічний склад чавуну оцінювати рентгеноспектральним, фотометричним методами з використанням газоаналізаторів АН-29 і АС-7012. Оцінювати розподіл хімічних елементів в локальних зонах, в тому числі і зі структурною неоднорідністю. Дослідження проводити спектральним методом на растровому мікроскопі-аналізаторі УФМ 63-90.

Фізико-механічні властивості матеріалів валків різних виконань виконувати за стандартними методиками.

При проведенні досліджень, спрямованих на вивчення особливостей дії позапічної обробки на валкові розплави, вивчати вплив різних шлакоутворюючих сумішей, вакуумування і продувки азотом. Проаналізувати властивості металу після таких обробок при литві валків у виробничих умовах.

Враховуючи те, що при відновленні наплавленням хромонікелевих валків виконання ЛПХНМд-71 та ЛПХНМд-73 виникає необхідність нанесення підшару [9], вивчити можливість використовувати для нього сталі 35ХГСА і 45, нанесені електрошлаковим наплавленням.

При розробці сплавів для валків з нових матеріалів виготовляти і досліджувати виливки різного хімічного складу в лабораторних умовах. Вивчення впливу технологічних параметрів відцентрової виливки валків: температуру металевої форми, товщини теплоізоляційного покриття форми, частки модифікаторів нового покоління Reseed® і Superseed®75 [10-12], що вводяться, температури і маси порцій металу, що заливається, час заливки й обороти машини на структуру й експлуатаційні властивості валків проводити у виробничих умовах.

Дослідження впливу хімічного складу і технологічних парамет-

рів лиття валків на структуру металу й їх оціночні параметри виконувати із застосуванням методів статистичної обробки експериментальних даних, планування експерименту.

При вивченні експлуатаційної надійності прокатних валків обов'язково необхідно передбачити визначення таких середніх параметрів як: число установок, напрацювання за установку, середньоквадратичне відхилення напрацювання за установку, витрати робочого шару за установку, знімання робочого шару, ресурс, початковий діаметр, ефективність використання робочого шару, а також коефіцієнт списання валків за зносом і дефектами, проаналізувати частку списання валків з причин руйнування бочки, шийки, тріф, відшарування, сітці розпалу, викрошкам, тріщинам, прожогам [13]. Для детального аналізу експлуатаційної надійності валків доцільно розробити спеціальний алгоритм, який обов'язково повинен починатися з вибору наявної інформації про конкретні валки, в п кліті стану, відомості досліджень формувати у вигляді робочого масиву, що складається з підмасивів, кожен з яких відповідав причині відмови валків. Отриману інформацію піддавати математичній обробці. Враховуючи коефіцієнт експлуатаційної надійності, що характеризує відносну ефективність експлуатації прокатних валків за одну установку та якість їх виготовлення розробити та впровадити заходи по покращенню їх довговічності.

Висновки. Розроблена методологія проведення досліджень надає можливість визначити послідовність виконання досліджень, направлених на підвищення експлуатаційної стійкості валків, що виготовляються з хромонікелевого чавуну.

Література

1. Производство и применение прокатных валков: справочник / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, Н. М. Александрова и др. – Х.: ЦД № 1, 2013. – 572 с.
2. ТУУ 27.1-26524137-1291-2007 Валки чугунные для горячей прокатки металла. – 2007. – 27 с.
3. Прокатные валки: монография / К. Н. Вдовин, Р. Х. Гималетдинов, В. М. Колокольцев, С. В. Цыбров. – Магнитогорск: МГТУ, 2005. – 543 с.
4. Скобло Т. С. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов / Т. С. Скобло, Н. М. Воронцов, С. И. Рудюк. – М.: Metallurgiya, 1994. – 336 с.
5. Будагьянц Н. А. Литые прокатные валки / Н. А. Будагьянц, В. Е. Карский. – М.: Машиностроение, 1983. – 175 с.
6. Ремонт машин та обладнання: підручник / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, Т. С. Скобло та ін. – Х.: Міськдрук, 2010. – 744 с.
7. Скобло Т. С. Применение компьютерного анализа металло-

графических изображений при исследовании структуры высокопрочного чугуна / Т. С. Скобло, О. Ю. Клочко, Е. Л. Белкин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – №6. – С. 36-42.

8. Скобло Т. С. Оптикоматематический анализ структурообразования рабочего слоя валков исполнения ЛПХНМдц / Т. С. Скобло, А. К. Автухов, Е. Л. Белкин // Вісник НТУ ХП. Сер. Інноваційні технології та обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ ХП, 2015. – №48(1167). – С. 57- 61.

9. Ксендзы Г. В. Электрошлаковая наплавка валков горячей прокатки / Г. В. Ксендзы, И. И. Фрумин, И. Н. Аксенов и др. // Автоматическая сварка. – 1969. – №11. – С. 60-63.

10. Скобло Т. С. Анализ существующих методов модифицирования высокопрочных чугунов / Т. С. Скобло, В. К. Триполко, С. А. Бурцев // Вісник ХНТУСГ. – Харьков, 2011. – д№110. – С. 193-205.

11. <http://www.elkem.com>.

12. Модификаторы для внепечной обработки чугуна и стали [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.npp.ru>.

13. Приходько В. П. О стойкости прокатных валков / В. П. Приходько, Т. С. Скобло, С. В. Чуприн // Сталь. – 1987. – №7. – С. 58-62.

МЕТОДИКА И МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ИЗ ХРОМОНИКЕЛЕВОГО ЧУГУНА

Автухов А. К.

Аннотация – предложена методология проведения исследований с применением теоретически обоснованных новых подходов к направлениям повышения долговечности прокатных валков на всех этапах жизненного цикла их производства и эксплуатации.

THE METHODOLOGY AND METHODOLOGY OF RESEARCH AIMED AT INCREASING THE DURABILITY OF ROLLING ROLLS OF THEIR CHROMIUM-NICKEL CAST IRON

A. Avtukhov

Summary

A methodology for conducting research using a theoretically grounded new approach to the directions of increasing the durability of rolling rolls at all stages of the life cycle of their production and operation.

УДК 631.171.075.3

АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛМАЗНИХ ЗЕРЕН В АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТАХ

Сушко О. В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (061) 42-13-54, e-mail: olgasova1960@gmail.com

Анотація – в статті проаналізовані властивості та галузь застосування існуючих шліфувальних порошків з синтетичних надтвердих матеріалів з метою встановлення науково обґрунтованих рекомендацій щодо оптимального складу алмазних кругів.

Ключові слова – синтетичні надтверді матеріали, абразивний інструмент, шліфувальні круги, алмазні зерна, шліфувальні порошки, металева зв'язка, алмазно-металеві композиції.

Постановка проблеми. Застосування синтетичних надтвердих матеріалів (НТМ) у різноманітних галузях народного господарства є визначальним фактором вдосконалення вже існуючих та створення нових інструментів та інструментальних матеріалів, технологічних процесів, зниження собівартості продукції, покращення її якості, підвищення довговічності та надійності інструментів, деталей машин та приладів. Однак, залишається актуальною проблема ефективності обробки цих матеріалів. Алмазне шліфування як традиційний процес обробки НТМ є дорогим, низькопродуктивним, який часто характеризується нестабільною якістю оброблюваних виробів. Крім того, інструмент, який застосовується при цьому, відрізняється високою невиробничою витратою дороговартісних алмазних зерен в процесі експлуатації.

Тому з метою підвищення працездатності шліфувального інструменту у даній роботі проаналізовані основні властивості та галузі застосування існуючих шліфувальних порошків та металевих зв'язок, які застосовуються для виготовлення алмазних кругів.

Аналіз останніх досліджень. У теперішній час в Україні є декілька сотень марок зв'язок, які застосовуються в алмазних кругах. Ці зв'язки суттєво відрізняються за своїми властивостями міцності. Наприклад, лише металеві зв'язки мають доволі широкий діапазон міцності від алюмінієвих (ПМ12) до твердосплавних (ВК8). Таким же широким діапазоном характеризуються властивості міцності алмазних

шліфпорошків від АС2 до АС160.

Однак, у теперішній час відсутня методологія вибору оптимального поєднання властивостей міцності алмазних зерен та металевої зв'язки стосовно обробки конкретного оброблюваного матеріалу. Існуючі в літературі рекомендації щодо застосування тих чи інших алмазних зерен та металевих зв'язок носять доволі загальний характер та мають великі діапазони. Такі рекомендації, з урахуванням високої вартості алмазних зерен (які відрізняються в залежності від марки зерна в сотні разів), призводять до низької ефективності їх використання та, внаслідок цього, високої собівартості процесу алмазного шліфування, що суттєво знижує його застосування в процесах обробки. До нераціонального використання алмазних зерен приводить також не завжди обґрунтоване призначення рівня їх концентрації в алмазних кругах. Концентрація алмазних зерен (25, 50, 100, 150, 200%), яка традиційно застосовується у кругах, що серійно випускаються, потребує суттєвого уточнення. При цьому повинна вирішуватися задача оптимального поєднання властивостей міцності металевої зв'язки та алмазних зерен з точки зору збереження їх цілісності в процесі спікання алмазних кругів.

Формулювання цілей статті. Проаналізувати властивості та галузь застосування існуючих шліфувальних порошків з синтетичних НТМ, їх металевих зв'язок з метою встановлення науково-обґрунтованих рекомендацій щодо оптимального складу спечених алмазно-металевих композицій шліфувальних кругів.

Основна частина. У теперішній час з синтетичних алмазів у відповідності з ДСТУ 9206-80 виготовляють шліфпорошки, мікропорошки та субмікропорошки 14 марок [1]. Це дозволяє використовувати алмази диференційовано (табл. 1).

Основним показником якості шліфпорошків з синтетичних алмазів є міцність при статичному стисканні [2]. Алмазні шліфпорошки в залежності від розміру зерен і методу їх отримання ділять на групи [1]:

- шліфпорошки (розмір зерен від 3000 до 40 мкм);
- мікропорошки (розмір зерен від 80 до 1 мкм і дрібніше);
- субмікропорошки (розмір зерен від 1,0 до 0,1 мкм і дрібніше).

Розмір зерен кожної фракції алмазних шліфпорошків визначають номінальними розмірами сторін осередків у світлі двох контрольних сит у мікрометрах, причому через верхнє сито зерна повинні проходити, а на нижньому – затримуватися [3].

Розмір зерен алмазних мікропорошків і субмікропорошків визначається напівсумою довжини та ширини прямокутника, умовно описаного навколо проекції зерна таким чином, щоб більша сторона

прямокутника відповідала найбільшій довжині проекції зерна [3].

Алмазні шліфпорошки залежно від виду сировини, з якого вони виготовлені, позначаються наступними літерними індексами: А – природні алмази; АС – синтетичні алмази; АР – синтетичні полікристалічні алмази.

Додаткові літерні індекси позначають тип полікристалічного алмазу: В – «баллас»; К – «карбонадо»; С – «спеки».

Таблиця 1

Характеристика та галузь застосування алмазних шліфпорошків

Марка алмазного порошку	Характеристика	Рекомендована галузь застосування
1	2	3
A1	З природних алмазів, отримані дробленням, які містять не менше 10% зерен ізометричної форми	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках при обробці технічного скла, кераміки, каменя, бетону
A2	З природних алмазів, отримані дробленням, які містять не менше 20% зерен ізометричної форми	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках при обробці технічного скла, кераміки, каменя, бетону
A3	Ті ж, вміст не менше 30% зерен ізометричної форми	
A5	З природних алмазів, отримані дробленням, які містять не менше 50% зерен ізометричної форми	Виготовлення шліфувальних кругів на металевих зв'язках, в тому числі виготовлені гальванічним методом, для обробки каменю з твердих порід, міцних бетонів, твердої кераміки. Виготовлення виправного, бурового інструментів, інструментів для будівництва та обробки каменю.
A8	З природних алмазів, отримані дробленням, які містять не менше 50% зерен ізометричної форми	Виготовлення виправного, бурового інструментів, інструментів для будівництва та обробки каменю
AC2	З синтетичних алмазів підвищеної крихкості, зерна яких представлені агрегатами з розвиненою поверхнею	Виготовлення інструментів на органічних зв'язках, які застосовуються на чистових й остаточних операціях при обробці твердого сплаву
AC4	Ті ж, зерна яких представлені агрегатами та зростками	

Продовж. табл. 1

1	2	3
АС6	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені, в основному, недосконалими кристалами, їх уламками та зростками	Виготовлення інструментів на органічних, металевих, керамічних зв'язках, які застосовуються при обробці твердого сплаву, кераміки, скла и інших крихких матеріалів
АС15	Ті же, зерна яких представлені, в основному, уламками, зростками, агрегатами и окремими суцільними кристалами	
АС20	Ті же, зерна яких представлені уламками досконалих кристалів, зростками, агрегатами	
АС32	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 12%), уламками кристалів, зростками та агрегатами (не більше 15%)	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, застосовувані для шліфування каменя, різання м'яких гірських порід, обробки скла, рубіну, лейкосапфіру, ситалу, корунду, чорного хонінгування
АС50	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 20%), уламками кристалів, зростками та агрегатами (не більше 10%)	
АС65	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 35%), уламками кристалів, зростками и агрегатами (не більше 5%) з коефіцієнтом форми не більше 1.25	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, застосовувані при обробці будматеріалів, гірських порід середньої твердості, кераміки, скла, природного каменя, бетону, в буровому інструменті, свердлах
АС80	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 45%), уламками кристалів, зростками и агрегатами (не більше 12%) з коефіцієнтом форми не більше 1.20	
АС100	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 55%), уламками кристалів, зростками (не більше 8%) з коефіцієнтом форми не більше 1.18	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, застосовувані для різки, свердління природного каменю, бетонів, скла, кераміки, правки шліфувальних кругів, обробки вогнеупорів, в буровому інструменті

Продовж. табл. 1

1	2	3
АС125	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 70 %), уламками кристалів, зростками (не більше 6 %) з коефіцієнтом форми не більше 1.18	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, застосовувані для різки, свердління природного каменю, бетонів, скла, кераміки, правки шліфувальних кругів, обробки вогнеупорів, в буровому інструменті
АС160	З синтетичних алмазів, зерна яких представлені досконалими кристалами (не менше 85%), уламками кристалів, зростками (не більше 4%) з коефіцієнтом форми не більше 1.15	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, застосовувані для різки, свердління природного каменю, бетонів, скла, кераміки, правки шліфувальних кругів, обробки вогнеупорів, в буровому інструменті
АРВ1	З синтетичних полікристалічних алмазів типу «баллас»	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, застосовувані для чернового хонінгування чавунів, різки та шліфування склопластиків та інших неметалевих матеріалів
АРК4	З синтетичних полікристалічних алмазів типу «карбонадо»	Виготовлення інструментів на низькотемпературних металевих зв'язках, застосовувані для різки та обробки каменя низької і середньої твердості, вогнеупорів
АРС3	З синтетичних полікристалічних алмазів типу «спеки»	Виготовлення інструментів на металевих зв'язках, які застосовуються при обробці природного каменя, бетону, будматеріалів, правки шліфувальних кругів, бурінні порід середньої твердості

Цифровий індекс, що стоїть після літерного, виражає:

– у шліфпорошках з природних алмазів – вміст зерен ізометричної форми, виражений десятками відсотків;

– у шліфпорошках з синтетичних алмазів – середнє арифметичне значення показників міцності на стискання всіх зернистостей певної марки, виражене в ньютонах;

– у шліфпорошках з синтетичних полікристалічних алмазів – середнє арифметичне значення показників міцності на стискання всіх зернистостей певної марки, виражена в сотих частках ньютонів.

Існують додаткові індекси, що характеризують відмінні властивості цієї марки, наприклад: Т – термостійка, Д – динамічно стійка, О – овалізована, Н – немагнітна.

Висновки. Аналіз властивостей зерен, які застосовуються при виготовленні алмазних кругів з НТМ на металевій зв'язці методом по-

рошкової металургії є основою подальших досліджень напружено-деформованого стану процесу спікання з метою підвищення ефективності процесу алмазного шліфування.

Література

1. ДСТУ 9206-80. Порошки алмазные. Технические условия. – М., 1980. – 32 с.

2. Новиков Н. В. Сопротивление разрушению сверхтвердых композиционных материалов / Н. В. Новиков, А. Л. Майстренко, В. Н. Кулаковский. – К.: Наук. думка, 2003. – 220 с.

3. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. – Т. 1. Синтез сверхтвердых материалов / Редкол.: Н. В. Новиков (отв. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 280 с.

4. Сушко О. В. Порівняльний аналіз процесів шліфування та лезвийної обробки інструментами з ПСТМ на основі нітриду бору / О. В. Сушко, К. Л. Мельник // Вісник Харківського НТУСГ. – Харків: НТУСГ, 2015. – Вип. 156. – С. 395-399.

АНАЛИЗ СВОЙСТВ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН В АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТАХ

Сушко О. В.

Аннотация – в работе проведен анализ свойств, применения алмазных порошков с целью дальнейшего установления научно обоснованных рекомендаций оптимального состава шлифовальных кругов и повышения работоспособности шлифовального инструмента.

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF THE DIAMOND GRAINS IN THE ABRASIVE TOOLS

O. Sushko

Summary

In work the analysis of properties, applications of diamond powders with the aim of further establishing evidence-based recommendations for the optimal composition of grinding wheels and enhance the performance of the grinding tool.

УДК 620.178.16.004

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Пеньов О. В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-54

Анотація – робота присвячена питанням встановлення оптимальних подач та швидкостей різання при точінні наплавленого металу різцем.

Ключові слова – обробка матеріалів різанням, режими обробки різанням, сили різання, оптимізація режимів різання.

Постановка проблеми. Безперервне підвищення вимог до якості ремонту машин та агрегатів, їх довговічності та надійності викликає необхідність широкого застосування наплавлених матеріалів, які мають високу механічну міцність та зносостійкість. Поверхневий шар наплавленого металу має мікронерівності, підвищену пористість зовнішнього шару, значний розкид твердості та мікротвердості, що знижує показники обробки різанням.

Обробка поверхонь різанням, які наплавляються, є одним з важливих технологічних процесів, котрі у значній мірі визначають технічні й економічні рівні ремонтного виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження шляхів та методів визначення по поліпшенню оброблюваності різанням наплавленого металу – завдання актуальне, яке має велике господарське значення. Результати попередніх випробувань й огляд літературних даних показує, що на ефективність процесу обробки наплавленого металу має вплив на їх фізико-механічні властивості, матеріал ріжучого інструменту, геометричні параметри інструменту, елементи режиму різання, умови обробки. Встановлено, що інтенсивний знос різців спостерігається при чорновому точінні наплавленого металу. Стійкість випробувань вітчизняних інструментальних матеріалів дозволили оцінити вплив найбільш важливих компонентів на ріжучі властивості твердих сплавів. Кращі результати при чорновому точінні наплавленого металу показали тверді сплави Т5К10 та Т15К6.

Методи прогнозування найбільш відповідних умов механічної обробки наплавлених поверхонь включає використання математичних моделей та вихідну інформацію, яка відноситься до оброблюваної де-

талі, геометрії різця, технологічним можливостям верстату [1, 2].

Формулювання мети статті. Метою статті є визначення оптимальних подач та швидкостей різання при точінні наплавленого металу різцем.

Основна частина. Оптимальні умови обробки деталей на токарних верстатах призначають з урахуванням необхідної точності та якості поверхні. Проте, потрібні для розрахунків точності дані не завжди відомі.

Дані про взаємозв'язок похибки обробки й сумарного значення сил P_z , P_y дозволили прийняти й якості цільової функції вираз

$$N_i = C \cdot V^x \cdot S^y \cdot t^z, \quad (1)$$

де N_i – досліджувані параметри (P_z , P_y , Θ°).

Випробуванню підлягали зразки зі сталі 45, які наплавлені дротом Нп-30Х5 під шаром флюсу АН-348А. Обробка проводилась на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62 правим різцем, оснащеним твердим сплавом Т15К6. Геометрія ріжучої частини прийнята наступна: $\gamma = 0$; $\alpha = 8^\circ$, $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 1$.

Замір складових сил різання проводився за допомогою двокomпонентного тензодинамометра, десятиканального підсилювача й шлейного осцилографа Н-700. Замір температури різання здійснювався методом природної термопар. Показання апаратури дозволили здійснити комплексне визначення параметрів оброблюваності одночасно, в однакових умовах безпосередньо у процесі різання.

Випробування проводилися згідно плану дрібнофакторного експерименту типу 2^{3-1} . Варіювалися на двох рівнях три фактори: швидкість різання, подача, глибина різання.

За результатами восьми експериментів за допомогою спеціальних програм, які реалізують на ПК методи визначення коефіцієнтів регресії по способу найменших квадратів, отримані рівняння регресії, які адекватно описують шукану залежність:

$$P_z = 360 \cdot V^{-0.198} \cdot S^{0.07} \cdot t^{0.3}, \text{кГс} \quad (2)$$

$$P_y = 35,9 \cdot V^{-0.27} \cdot S^{0.28} \cdot t^{0.04}, \text{кГс} \quad (3)$$

$$\Theta = 0,81 \cdot V^{0.58} \cdot S^{0.29} \cdot t^{0.12}, \text{мВ} \quad (4)$$

Відомо, що з елементів режиму різання на стійкість інструмента найбільший вплив має швидкість різання. Правильний вибір швидкості різання, який забезпечує період стійкості інструменту, є важливим техніко-економічним завданням, так як у кінцевому висновку забезпечує продуктивність процесу різання.

Методи визначення оптимальної швидкості різання, яка відповідає екстремуму залежності $T = f(V)$, пов'язані з тривалими стійкіс-

ми випробуваннями та не знайшли застосування у практичній роботі ремонтних сільськогосподарських підприємств. Використання температури різання й термоелектричних явищ значно зменшує час та стійкість визначення оптимальної швидкості різання. Відомо, що оптимальній швидкості різання $V_{оп}$, яка забезпечує максимальний період стійкості T , відповідає оптимальна температура $\Theta_{он}^0$.

При обробці досліджуваної наплавленої поверхні оптимальна температура складала $\Theta_{он}^0 = 8,5 \text{ мВ} (690^0)$. Після підставлення цього значення до формули (4) й потенціювання, отримали наступну модель, яка адекватно описує шукану залежність

$$V_{он} = \frac{58,4}{S^{0.5} \cdot t^{0.21}}, \text{ м / хв.} \quad (5)$$

З метою скорочення часу для визначення оптимальної швидкості різання нами була побудована номограма (рис. 1), яка дозволяє за заданою розрахунковою висотою $H_p = \frac{S^2}{Br}$ та прийнятою величиною радіусу спряження ріжучих кромek різця, визначити максимально допустиму подачу S_d . Робота на подачах більш за S_d не забезпечує потрібної шорсткості поверхні, а на подачах менших за S_d призводить до зниження продуктивності праці та підвищення собівартості обробки. За отриманою подачею та заданою глибиною різання визначається оптимальна швидкість різання $V_{оп}$. Знайдені за номограмою поєднання подачі та швидкості різання утворюють у зоні різання оптимальну температуру й забезпечують мінімальний знос ріжучого інструменту.

Порівняльну оцінку оброблюваності наплавленого шару виконували за допомогою коефіцієнту оброблюваності K_o , який є відношенням швидкості різання, оптимальній при різанні випробуваного наплавленого матеріалу до швидкості різання, яка допускається матеріалом, прийнятий за еталонний (табл. 1).

Таблиця 1

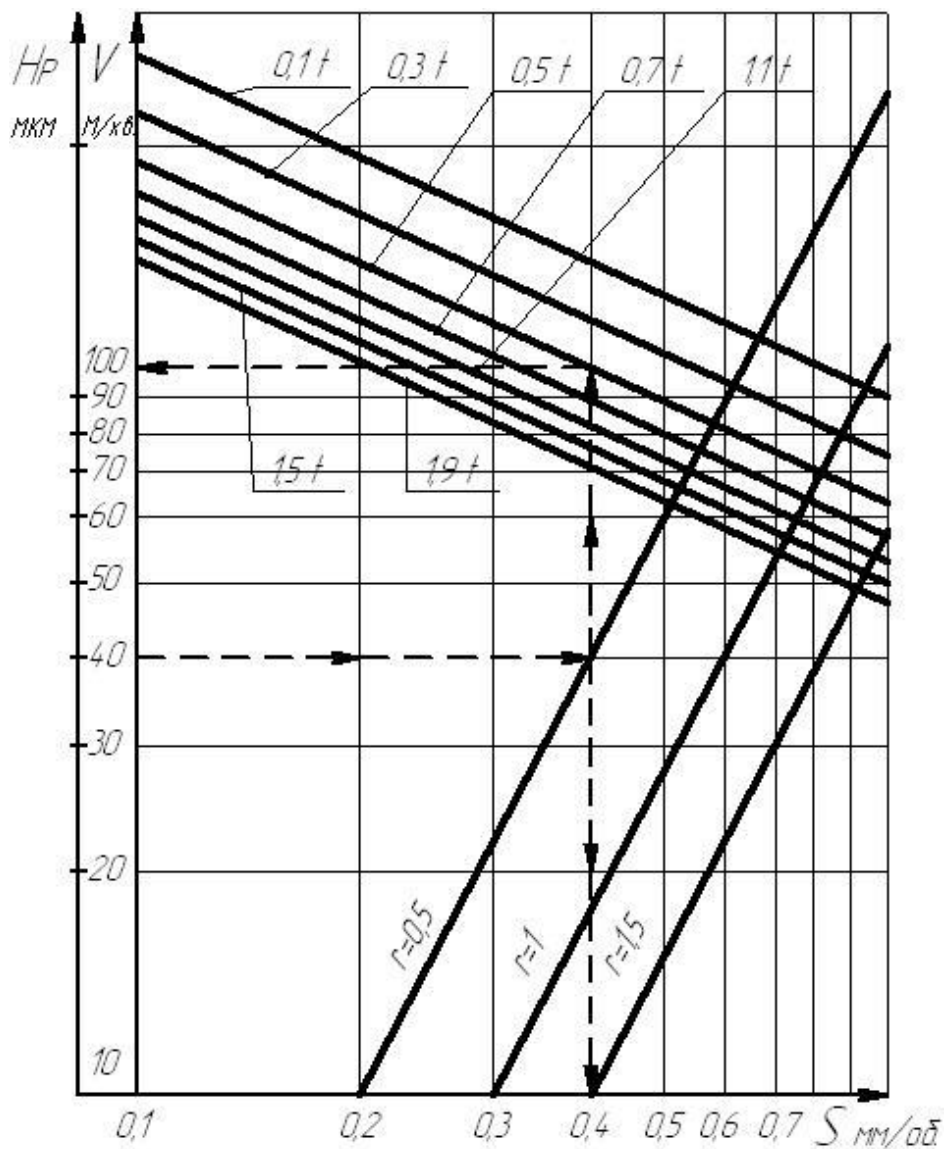
Коефіцієнт оброблюваності наплавленого матеріалу

Коефіцієнт K_o різних матеріалів			
Сталь 45 $\sigma_B = 75 \text{ кг/мм}^2$	Нп18ХГТ	Нп30ХГСА	Нп30Х5
1	0,85	0,73	0,66

Таким чином, у результаті проведених випробувань, отримані емпіричні залежності складових сил різання й температури різання від елементів режиму різання. Отримані емпіричні залежності дають змогу за розрахунковими формулами (2) визначити точність механічної обробки, зменшити час для визначення оптимальної швидкості різан-

ня, визначити коефіцієнт оброблюваності.

Для встановлення потрібної точності обробки наплавленого матеріалу вибором оптимальних режимів обробки, розроблена номограма визначення оптимальних подач та швидкостей різання при точінні наплавленого металу різцем зі сплаву Т15К6 (рис. 1).



Ключ: $H_p \rightarrow r \rightarrow S \rightarrow t \rightarrow V$

Рис. 1. Номограма визначення оптимальних подач та швидкостей різання при точінні наплавленого металу різцем зі сплаву Т15К6

Висновки.

1. Для обробки наплавлених шарів підвищеної твердості (35-45 HRC) доцільно застосовувати двокарбідний твердий сплав Т15К6.

2. Об'єктивні дані про відносну зносостійкість різних марок твердого сплаву дає величина відносного поверхневого зносу $h_{оп}$.

3. Отримані емпіричні залежності складових сил різання й температури різання дають змогу за розрахунковими схемами визначити точність механічної обробки.

4. Побудована номограма дозволяє зменшити час на визначення оптимальної швидкості різання.

Література

1. Юдовинський В. Б. Аналітичний метод визначення стійкості лезового металорізального інструменту / В. Б. Юдовинський, С. В. Кюрчев, О. В. Пенев, Ю. П. Мирненко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2008. – Вип. 8, т. 1. – С. 153-158.

2. Кюрчев С. В. Підвищення зносостійкості деталей машин технологічними методами обробки / С. В. Кюрчев, В. Б. Юдовинський, О. В. Пенев, Ю. П. Мирненко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, т. 3. – С. 230-234.

3. Колесников К. С. Технологические основы обеспечения качества машин / К. С. Колесников, Г. Ф. Баландин, А. М. Дальский и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

4. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А. Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Пенёв О. В.

Аннотация – работа посвящена вопросам определения оптимальных подач и скоростей резания, при точении наплавленного металла резцом.

OPTIMIZATION OF MATERIAL PROCESSING MODES

O. Peniov

Summary

The paper considers the configuration of optimal cutting edge movement and cutting speed during turning the deposited metal by the cutting edge.

УДК 681.513.6

РЕАЛІЗАЦІЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Лобода О. І., к.т.н.,

Дубініна С. В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-57-97, e-mail: aleks_loboda@mail.ru

Анотація – запропоновано спосіб реалізації адаптивної системи автоматичного керування, заснований на використанні підлаштованого двоканального коригуючого пристрою динамічних характеристик систем автоматичного керування, що надає можливість визначення фазового зсуву за значеннями коефіцієнту передачі по амплітудам, значно підвищує ефективність і спрощує розрахунки для адаптивних систем керування з нестационарними параметрами.

Ключові слова – адаптивні системи автоматичного керування, амплітудно-частотна характеристика, якісні показники, коефіцієнт передачі, сигнал пошуку, ПД-регулятор, фазо-частотна характеристика.

Постановка проблеми. Суть адаптивного керування полягає в тому, що в залежності від зміни параметрів об'єкта управління, змінюється коефіцієнт передачі коректора або створюваний ним фазовий зсув. Ці зміни відбуваються тільки в тих випадках, коли якість САК стає незадовільною внаслідок зміни властивостей об'єкта керування або впливу на об'єкт керування збурень. Це дозволяє забезпечити і підвищити якісні показники систем, особливо в перехідних процесах.

Аналіз останніх досліджень. Пристрої корекції адаптивних систем керування можна розділити на лінійні, нелінійні і псевдолінійні [1-3]. Основний недолік лінійних коректорів – це те, що зміна параметрів впливає на АЧХ і ФЧХ одночасно. Застосування нелінійних коректорів пов'язане з проблемою обліку залежності частотних характеристик від амплітуди гармонічних коливань вхідного сигналу [4]. Застосування адаптивного псевдолінійного коректору динамічних характеристик дозволяє отримувати необхідні АФЧХ. Зазвичай ці пристрої мають два канали: амплітудний і фазовий, що настроюються незалеж-

но один від одного [4]. При цьому частотні характеристики псевдолінійних коригуючих пристроїв не залежать від амплітуди гармонічних коливань вхідного сигналу [2].

Формулювання цілей статті. Проведення обґрунтування використання запропонованої реалізації адаптивної системи на основі її підстроювання з використанням двоканального псевдолінійного коригуючого блоку за рахунок підвищення запасу стійкості за амплітудою і фазою.

Основна частина. Застосування псевдолінійних коригуючих пристроїв дозволяє забезпечити необхідну якість САК в широкому діапазоні зміни параметрів об'єкта керування і характеру збурюючих впливів, а також їх можна розглядати і як додатковий пристрій з формування керуючого впливу, що підвищує якість керування, для звичайних САК.

Структурна схема псевдолінійного двоканального коригуючого пристрою представлена на рисунку 1. Цей пристрій в звичайних схемах автоматизації включається послідовно з регулятором.

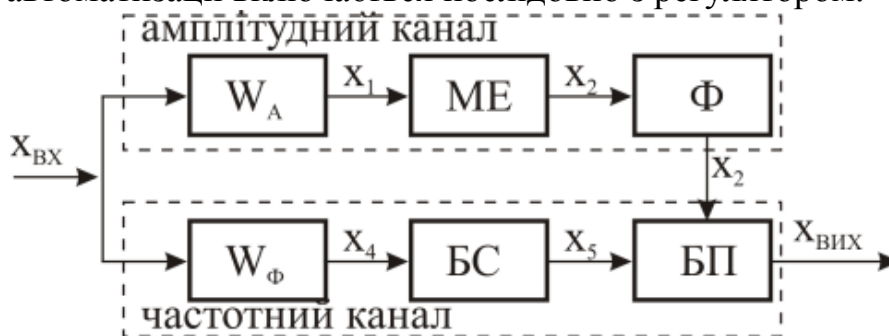


Рис. 1. Структурна схема двоканальних псевдолінійних коригуючих пристроїв, що створює випередження по фазі, приглушує високі частоти: W_A – аперіодична ланка; МЕ – модульний елемент; Φ – фільтр; W_Φ – лінійний елемент; БС – блок сигнатури; БП – блок помноження

Зміну параметру налаштування амплітудного каналу K в межах від 1,6 до 0,2, при $T=1$ с, можна задати на частоті пошукового сигналу $\omega_0=0,4$ рад/с, потрібне значення АЧХ в межах від 0 до -21 дБ відповідно, а зміну параметру T_2 фазового каналу – в межах від 1,2 до 100 с, при значенні $T_1=0,1$ с, можна задати потрібне значення фазового зсуву, що дає коригуюча ланка від 0 до 84° відповідно.

На рисунку 2 приведена структурна схема САК з адаптивним псевдолінійним двоканальним коригуючим пристроєм (Б₁).

В якості смугового фільтра взято фільтр Чебишева другого порядку. Даний фільтр налаштований на пропускання пошукового сигналу частотою $\omega_0=0,4$ рад/с.

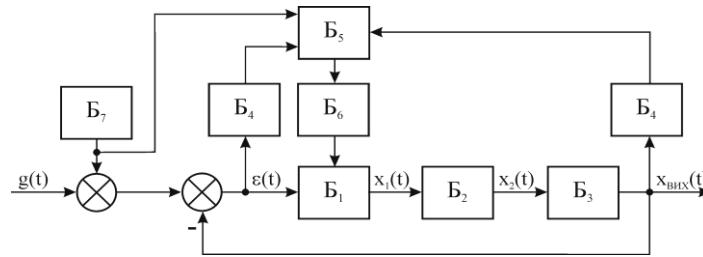


Рис. 2. Структурна схема адаптивної САК з псевдолінійним двоканальним коригуючим пристроєм: $g(t)$ – задаючий вплив; $\varepsilon(t)$ – похибка; $x_1(t)$ – проміжний вплив; $x_2(t)$ – керуючий вплив; $x_{\text{вих}}(t)$ – вихідний сигнал; B_1 – передаточна функція коригуючого пристрою; B_2 – передаточна функція регулятора; B_3 – передаточна функція об'єкта керування; B_4 – смуговий фільтр; B_5 – блок визначення частотних характеристик; B_6 – блок налаштування коригуючого пристрою; B_7 – пошуковий сигнал ($A_0 \sin \omega_0 t$)

В процесі роботи системи протягом часу відбувається зміна параметрів об'єкта керування, тобто відбувається зміна коефіцієнта передачі об'єкта керування і внесеного ним фазового зсуву. Адаптивний псевдолінійний коригуючий пристрій в процесі роботи здійснює визначення на частоті пошукового сигналу зміни коефіцієнта передачі і фазового зсуву об'єкта керування відносно заданих. Після чого вносить до системи фазовий зсув і змінює коефіцієнт передачі так, щоб компенсувати вплив зміни параметрів об'єкта керування на якість процесу управління.

Суттєвою особливістю даної системи є те, що значення фазового зсуву розімкнутої системи на фіксованій частоті визначається за значенням коефіцієнта передачі по амплітуді розімкнутої і замкнутої систем після подачі в систему синусоїдального пошукового сигналу.

Фазовий зсув розімкнутої системи розраховується за формулою

$$\cos \varphi_P(\omega_0) = \frac{A_P^2(\omega_0) - A_3^2(\omega_0) - A_3^2(\omega_0) A_P^2(\omega_0)}{2 A_3^2(\omega_0) A_P(\omega_0)} \quad (1)$$

де $A_P(\omega_0)$, $A_3(\omega_0)$ – коефіцієнти передачі по амплітуді розімкнутої і замкнутої системи відповідно.

Вираз (1) отримано на основі зв'язку між АЧХ розімкнутої та замкнутої систем і визначається за виразом

$$|W_3(j\omega)| e^{j\varphi_3(\omega)} = \frac{|W_P(j\omega)| e^{j\varphi_P(\omega)}}{1 + |W_P(j\omega)| e^{j\varphi_P(\omega)}} \quad (2)$$

де $|W_3(j\omega)|$, $|W_P(j\omega)|$ – АЧХ замкнутої і розімкнутої системи відповідно;

$\varphi_3(\omega)$, $\varphi_P(\omega)$ – ФЧХ замкнутої і розімкнутої системи відповідно.

Визначення фазового зсуву за значеннями коефіцієнту передачі

по амплітудам значно простіше, ніж визначення фазового зсуву класичним методом. Розглянемо роботу цієї системи. Після установки і запуску системи в роботу відбувається подача в систему першого пошукового сигналу, потім на підставі значення амплітуди A_0 пошукового сигналу і амплітуд помилки і регульованої величини в блоці B_5 здійснюється визначення еталонних значень АЧХ розімкнутої та замкнутої систем на частоті ω_0 , а також відбувається визначення еталонного значення $\cos \varphi_p(\omega_0)$ за формулою (1). Після подачі в систему другого і подальших пошукових сигналів в блоці B_5 здійснюється визначення відхилення значень АЧХ розімкнутої та замкнутої систем на частоті ω_0 від еталонних значень. Після цього в блоці B_6 відбувається визначення коефіцієнта передачі K налаштування амплітудного каналу і постійної часу T_2 фазового каналу коректора, що забезпечують стабілізацію частотних характеристик.

Сучасні системи автоматичного керування зазвичай будуються на базі промислових мікропроцесорних контролерів та ЕОМ, тому процедуру визначення коефіцієнта K і постійної часу T_2 зручно виконати на основі застосування кусково-лінійних функцій АЧХ і ФЧХ коректора.

Базові точки кусково-лінійних функцій для ФЧХ і АЧХ на частоті $\omega_0 = 0,4$ рад/с наведені відповідно на рисунках 3 і 4.

Підстроювання коефіцієнтів K і T_2 полягає в тому, що після визначення величини зміни фазового зсуву і коефіцієнта передачі об'єкта керування визначається необхідне значення фазового зсуву і коефіцієнта передачі коректора, що забезпечують незмінність частотних характеристик системи. Для ФЧХ ці значення визначаються як сума поточного значення і величини зміни, а для АЧХ – з умови сталості добутку коефіцієнтів передачі об'єкта керування і коректора. Потім по кусково-лінійним функціям визначаються необхідні значення K і T_2 .

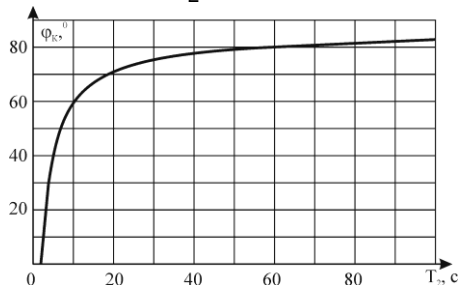


Рис. 3. Базові точки кусково-лінійних функцій для АЧХ на частоті $\omega_0 = 0,4$ рад/с і $T_1 = 0,1$

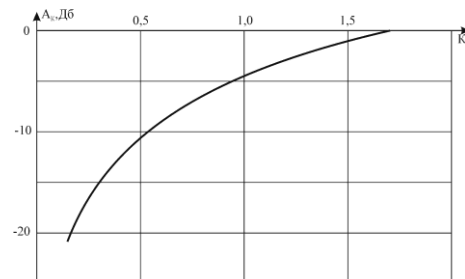


Рис. 4. Базові точки кусково-лінійних функцій для ФЧХ на частоті $\omega_0 = 0,4$ рад/с і $T = 1,0$

Дослідження властивостей системи з адаптивним псевдоліній-

ним двоканалним коректором проводилося в програмі MATLAB. Моделювання систем автоматичного регулювання проводилося для об'єктів першого, другого та третього порядків. На рисунку 5 представлені криві перехідних процесів у системах регулювання тільки з ПД-регулятором (крива 2) і регулятором, доповненим послідовно включеним в коло керування адаптивним псевдолінійним двоканалним коригуючим пристроєм (крива 1).

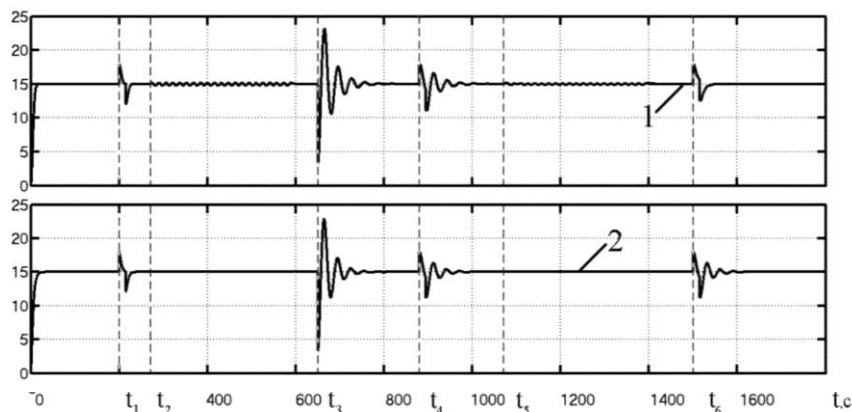


Рис. 5. Перехідні характеристики САК з адаптивним пристроєм

Об'єкт керування моделювався ланкою другого порядку з передаточною функцією виду

$$W_0(s) = \frac{K_0}{T_{01}^2 s^2 + T_{02} s + 1},$$

де K_0 – статичний коефіцієнт передачі об'єкта керування;

T_{01} і T_{02} – постійні часу об'єкта керування.

Ці криві ілюструють здатність адаптації САК до зміни параметрів об'єкта керування.

Спочатку була зроблена настройка ПД-регуляторів обох систем за методом Циглера-Никольса таким чином, щоб перехідний процес при ступінчастому впливі на об'єкт вийшов аперіодичним та налаштували коректора так, щоб він вносив мінімальний фазовий зсув і мінімальне ослаблення АЧХ.

Після запуску систем в роботу і закінчення перехідних процесів в момент часу t_1 в обидві системи надходить імпульсна перешкода (t_4) і, як видно з графіків, відпрацьовується без коливань. В момент часу t_3 , після подачі в систему пошукового сигналу, в САК з адаптивним коректором відбувається визначення еталонних значень K і T_2 для коректора. В момент часу t_3 відбувається зміна постійної часу T_{01} об'єкта керування зі значення 2,8 с, до значення 6,3 с, при цьому коефіцієнт передачі K_0 не змінюється.

При таких параметрах об'єкта керування та початкових налаштуваннях ПД-регулятору перехідний процес на ступеневий вплив стає

коливальним, що видно з графіків при надходженні другої імпульсної перешкоди в момент часу t_4 . Далі в момент часу t_5 , після подачі в систему з коректором чергового пошукового сигналу, відбувається підстроювання значення T_2 адаптивного коректора зі значення 1,2 с до 8,24 с.

При черговому надходженні в обидві системи імпульсної перешкоди в момент часу t_6 в САК з адаптивним коректором характер реакції системи на імпульсну перешкоду має значно кращу якість, ніж реакція системи без коректора, що видно з рисунку 5.

Вид кривої 1 в момент часу t_6 говорить про те, що якість САК з коректором значно краще, ніж без коректора (крива 2), при змінених параметрах об'єкта керування шляхом підстроювання до них коректора. Якість роботи системи з коректором залишається задовільною при зміні постійної часу об'єкта до значення $T_{01} = 13,0$ с, в той час, як при $T_{01} = 8,4$ с система без коректора вже стає нестійкою.

Висновки. З проведеного дослідження бачимо, що застосування запропонованого коригуючого пристрою і способу реалізації адаптивної системи на основі його налаштування дозволяє реалізувати систему регулювання об'єктами з нестационарними параметрами, що змінюються в процесі роботи в широкому діапазоні, за рахунок підвищення запасу стійкості по амплітуді і фазі.

Література

1. Антонов В. Н. Адаптивное управление в технических системах: учебное пособие / В. Н. Антонов, В. А. Терехов, И. Ю. Тюкин. – СПб.: Издательство СПбГУ, 2001. – 244 с.
2. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами: учеб. пособие / Ю. Ю. Громов, Н. А. Земской, А. В. Лагутин и др. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 108 с.
3. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования / Г. Ф. Зайцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща школа, 1989. – 431 с.
4. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем.: учебник для вузов / Н. Н. Иващенко. – М.: Машиностроение, 1978. – 736 с.
5. Калигин Б. С. Качественная теория устойчивости движения динамических систем / Б. С. Калигин. – Мн.: БГУ, 2002. – 198 с.
6. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: самоучитель / В. П. Дьяконов. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лобода А. И., Дубініна С. В.

Аннотация – предложен способ реализации адаптивной системы автоматического регулирования, основанный на использовании подстраиваемого двухканального корректирующего устройства динамических характеристик систем автоматического регулирования. Показан способ реализации определения фазового сдвига по значениям коэффициента передачи по амплитудам, что значительно повышает эффективность и упрощает расчеты для адаптивных систем управления с нестационарными параметрами.

ADAPTIVE RECONSTRUCTION OF SCADA SYSTEM AUTOMATIC CONTROL

A. Loboda, S. Dybinina

Summary

The proposed method of implementing an adaptive automatic control system based on the use of under-arranging the dual correction device dynamic characteristics of automatic control systems. Shows the method implementation for determining the phase shift values of the transmission amplitudes significantly increases the efficiency and simplifies the calculations for adaptive control systems with time-varying parameters.

ЗМІСТ

<i>Леженкін О. М., Рубцов М. О., Григоренко С. М.</i> Побудова математичної моделі руху причіпного збирального агрегату зі змінною масою.....	3
<i>Леженкін О. М., Рубцов М. О., Головльов В. А.</i> Ймовірнісна модель функціонування розподільника обчісаного вороху зернових колосвих.....	7
<i>Мовчан В. Ф., Леженкін О. М., Ігнат'єв Є. І.</i> Методика визначення кількості техніки в умовах її дефіциту.....	15
<i>Серий І. О., Кушнар'єв А. С., Серий І. С.</i> Обґрунтування конструктивних параметрів нового робочого органу з активаторами розпушування.....	26
<i>Михайлов Е. В., Задосная Н. А., Чорная Т. С.</i> Повышение эффективности технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника.....	36
<i>Михайлов Є. В., Задосна Н. О., Афанасьєв О. О., Довгополий Ю. Б.</i> Механізм керування направляючих лопаток пневморешітного сепаратора.....	45
<i>Мітін В. М., Аюбов А. М.</i> Результати дослідження картоплесаджалки СН-4Б для посіву цибулі-ріпки.....	50
<i>Леженкін І. О.</i> Математичне моделювання ймовірності проходження зернівки крізь шар обчісаного вороху.....	57
<i>Леженкін І. О.</i> Теоретичне обґрунтування амплітуди коливань робочого органу для сепарації обчісаного вороху зернових.....	64
<i>Коломієць С. М., Вершков О. О.</i> Екологізація механічного обробітку ґрунту.....	70
<i>Дюжаєв В. П.</i> Діагностика нелінійних коливальних систем.....	78
<i>Дереза О. О., Дереза С. В.</i> Дослідження характеристик міцності транспортерних стрічок.....	83

<i>Бондаренко Л. Ю., Вершков О. О.</i> Моделювання процесу калібрування насіння вишні.....	89
<i>Головльов В. А.</i> Машина для сепарації обчісаного вороху зернових колосових.....	95
<i>Матковський О. І.</i> Обґрунтування кінематичних параметрів розпушувача плуга для викопування саджанців плодових культур.....	101
<i>Михайленко О. Ю.</i> Огляд способів і конструкцій машин для посадки підщеп плодових культур.....	112
<i>Михайленко М. М.</i> Огляд існуючих джерел та пристроїв для досвічування рослин в умовах захищеного ґрунту.....	120
<i>Дьоміна Н. А., Морозов М. В.</i> Дифракція світла при відбитті від гармонічної ґратки.....	127
<i>Автухов А. К.</i> Методика і методологія проведення досліджень підвищення довговічності прокатних валків з хромонікелевого чавуну....	132
<i>Сушко О. В.</i> Аналіз властивостей алмазних зерен в абразивних інструментах.....	137
<i>Пеньов О. В.</i> Оптимізація режимів обробки матеріалів.....	143
<i>Лобода О. І., Дубініна С. В.</i> Реалізація адаптивної системи автоматичного керування.....	148

Наукове фахове видання

Праці

Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 17. Том. 2

Свідоцтво про державну реєстрацію
Міністерство юстиції
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Леженкін О. М.

Підписано до друку 20.12.2017 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.
6,5 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (06192) 6-88-38