



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних
сільськогосподарських машин та обладнання

02-01-462

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт на тему:

**«РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ
КЛАВІШНОГО СОЛОМОТРЯСА»,**

**«РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ
ЦИЛІНДРИЧНОГО ТРІЄРА»**

з курсу:

«Сільськогосподарські машини»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за спеціальністю 208 «Агроінженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною
комісією за спеціальністю
208 «Агроінженерія»,
протокол № 10 від 29.08.2019 р.

Рівне – 2019



Методичні вказівки до виконання практичних робіт на тему: «Розрахунок параметрів і режимів роботи клавiшного соломотряса», «Розрахунок параметрів та режимів роботи цилiндричного трiера» з курсу: «Сiльськогосподарськi машини2 здобувачами вищої освiти першого (бакалаврського) рiвня за спецiальнiстю 208 «Агроiнженерiя» денної та заочної форм навчання / Сиротинський О. А., Форсюк С. Л. – Рiвне : НУВГП, 2019. – 18 с.

Укладачi: Сиротинський О. А., к.т.н., доц. кафедри будiвельних, дорожнiх, мелiоративних, сiльськогосподарських машин та обладнання; Форсюк С. Л., асистент кафедри будiвельних, дорожнiх, мелiоративних, сiльськогосподарських машин та обладнання.

Вiдповiдальний за випуск: Кравець С. В., д.т.н., професор, завiдувач кафедри будiвельних, дорожнiх, мелiоративних, сiльськогосподарських машин та обладнання.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Войтюк Д. Г. Сiльськогосподарськi машини: основи теорiї та розрахунку : навч. посiб. / Д. Г.Войтюк, С. С.Яцун, М. Я.Довжик; За ред. Д. Г. Войтюка. Суми : Унiверситетська книга, 2008. 544 с.: iл.
2. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сiльськогосподарськi машини: основи теорiї та розрахунку : навч. посiб. / За ред. Д. Г. Войтюка. Суми : Унiверситетська книга, 2008. 543 с.; iл.
3. Кобець А. С. Теорiя i розрахунок сiльськогосподарських машин : практикум / Кобець А. С., Пугач А. М. Днiпропетровськ: Вид-во “Свiдлер А.Л.”, 2011. 164 с.
4. Сиротинський О. А., Дмишук М. Д. Механiзацiя лiсового i сiльського господарства. Лабораторний практикум. (За редакцiєю О. А. Сиротинського) Частина I (Механiзацiя сiльського господарства) : навчальний посiбник. Березне: Надслучанський iнститут, 2007. 250 с.: iл.

ЗМІСТ

| | |
|--|---|
| Рекомендована лiтература | 2 |
| 1. Практична робота № 9. Розрахунок параметрiв i режимiв роботи клавiшного соломотряса | 3 |
| 2. Практична робота № 10. Розрахунок параметрiв та режимiв роботи цилiндричного трiера | 9 |

© О. А.Сиротинський,
С. Л. Форсюк, 2019
© Нацiональний унiверситет
водного господарства та
природокористування, 2019



РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ КЛАВІШНОГО СОЛОМОТРЯСА

Мета роботи: засвоїти теоретичні положення з визначення раціональних параметрів соломотряса; аналітично і графічно розрахувати оптимальні геометричні та кінематичні режими його роботи.

Формат листа графічної частини - А3 Рекомендований масштаб -1:10

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Робочий процес соломотряса клавішного типу полягає в багаторазовому підкиданні обмолоченого матеріалу під час вільного польоту (в основному під час удару об поверхню клавіш). Зерна мають велику масу, меншу парусність, менші розміри і більш обтічну форму, ніж частинки соломи, переміщуються через просторову решітку соломи вниз на поверхню клавіш. Поверхня клавіш виконана у формі решітки, через яку зерно просіюється вниз на похилу дошку і далі на решета очистки.

Соломотряси поділяють на дві групи: чотири- та п'ятиклавішні.

У чотириклавішних соломотрясах шийки колінчастого вала для кріплення сусідніх клавіш розташовані з кутовим інтервалом $\pi/3$, $\pi/2$ або π . Під час роботи такого соломотряса частинки, підкинуті клавішею, летять спочатку догори, потім починають падати, наздоганяючи клавішу. Сама клавіша того часу спершу підіймається догори, потім опускається вниз і починає підійматися догори назустріч падаючим частинкам. У процесі руху клавіші догори відбувається зустріч її з падаючими частинками. За рахунок удару клавіші по частинках обмолочуваного продукту відбувається видалення зерна на її поверхню. Частинки продукту, що обмолочується, деякий час перебувають на клавіші, після чого знову підкидаються нею догори і процес повторюється.

Кожна з клавіш підкидає шар соломи, ширина якого дорівнює ширині клавіші, і в подальшому підхоплює його під себе, рухаючись догори. У такий спосіб кожна з клавіш соломотряса працює самостійно, без зв'язку з роботою сусідніх клавіш.

У п'ятиклавішному соломотрясі шийки колінчастого вала для кріплення клавіш розташовані з кутовим інтервалом π . Тому утворюються дві групи клавіш. Під час руху, наприклад, першої групи клавіш угору друга група рухається вниз, шар соломи, ширина якої дорівнює ширині соломотряса, першою групою підкидається догори і при падінні вниз підхоплюється другою групою.

Клавіші соломотряса здійснюють плоско-паралельний рух у вертикальній площині. Траєкторія руху будь-якої точки на клавіші соломотряса - коло, радіус якого дорівнює радіусу r кривошипа колінчастого вала. Клавіші соломотряса нахилені під кутом α до горизонту. Колінчастий вал обертається з кутовою швидкістю ω . На частинку, що знаходиться на клавіші, діють сили тяжіння mg , інерції $m\omega^2 r$, нормальної реакції N , тертя F (рис. 9.1).

Умову рівноваги частинки, що перебуває на клавіші, можемо записати так:

$$N + m\omega^2 r \cdot \sin\omega t - mg \cdot \cos\alpha = 0.$$



або

$$N = mg \cdot \left(\cos \alpha - \frac{\omega^2 r}{g} \cdot \sin \omega t \right),$$

$$N = mg \cdot (\cos \alpha - k \cdot \sin \omega t),$$

де $k = \omega^2 r / g$ - показник кінематичного режиму роботи соломотряса.

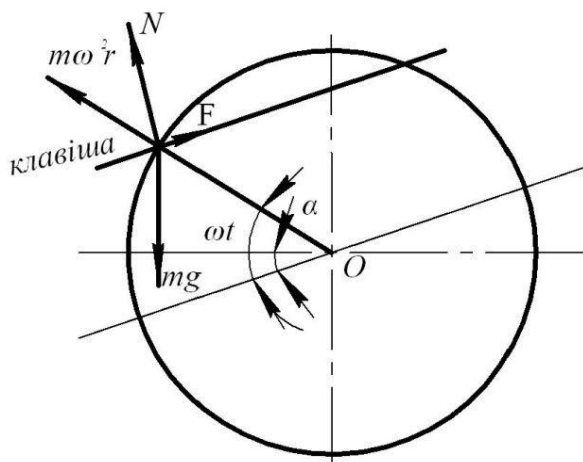


Рис. 9.1. Сили, що діють на частинку, яка знаходиться на клавіші соломотряса

У момент часу t_1 коли частинка відривається від клавіші, тобто в момент безпосередньо перед відривом частинки, $N = 0$. Отже, можна записати, що

$$mg \cdot (\cos \alpha - k \cdot \sin \omega t_1) = 0.$$

Оскільки $mg \neq 0, m \neq 0, \Phi \neq 0$, то в момент відриву частинки від клавіші

$$\cos \alpha - k \cdot \sin \omega t_1 = 0. \quad (9.1)$$

Із рівняння (9.1) маємо

$$\sin \omega t_1 = \frac{\cos \alpha}{k}. \quad (9.2)$$

Рівняння (9.2) називається **першим основним рівнянням** соломотряса.

Таким чином, за відомого кута нахилу клавіші та показника кінематичного режиму роботи соломотряса можна визначити кут ωt_1 повороту колінчастого вала до моменту відриву частинки від поверхні клавіші.

Частоту обертання колінчастого вала приводу соломотряса визначають із залежностей

$$k = \omega^2 r / g \quad \text{та} \quad \omega = \sqrt{k \cdot g / r}. \quad (9.3)$$

Тоді

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{k \cdot g}{r}}. \quad (9.4)$$

Частинка, що відірвалася від клавіші, виконує вільний рух. Вектор початкової швидкості вільного руху ($V_0 = \omega r$) нахилений до горизонту на кут β , величина якого становить (рис. 9.2)

$$\beta = \frac{\pi}{2} - (\omega t_1 - \alpha). \quad (9.5)$$

Знехтувавши опором повітря і взаємним впливом сусідніх частинок одна на іншу, рівняння вільного руху частки запишемо так:

$$x = \omega r t \cdot \cos \beta; \quad (9.6)$$

$$y = \omega r t \cdot \sin \beta - \frac{gt^2}{2}. \quad (9.7)$$

Місце зустрічі частинки, що падає, з клавішею віддалене від місця відриву її



від останньої на відстань ΔS . (рис. 9.3). У подальшому частинка рухається разом з клавішею до моменту наступного відриву від неї. Отже, середня швидкість руху частинки вздовж клавіші соломотряса може бути визначена за формулою

$$v_c = \Delta S \cdot \frac{\pi}{60}. \quad (9.8)$$

Визначити аналітичним шляхом момент падіння частинки на клавішу важко. Набагато простіше цю роботу виконати графічним способом. Для цього за рівняннями (9.6), (9.7) через інтервал часу $t = 0,01$ с визначають положення точок на траєкторії вільного польоту частинки. У масштабі з відмітками часу викреслюють траєкторію руху частинки (рис. 9.3). Одночасно викреслюють у тому ж масштабі коло - траєкторію руху точки на клавіші, де до відриву від неї перебувала частинка вороху. На траєкторії відмічають положення вказаної точки через кожні 0,01 с. По отриманих точках під кутом α до горизонту проводять прямі, що відповідають положенню клавіші через відрізки часу 0,01с. За відмітками часу на траєкторії вільного руху частинки і положенням клавіші визначають час вільного руху частинки і місце зустрічі її з клавішею, а відповідно і переміщення ΔS .

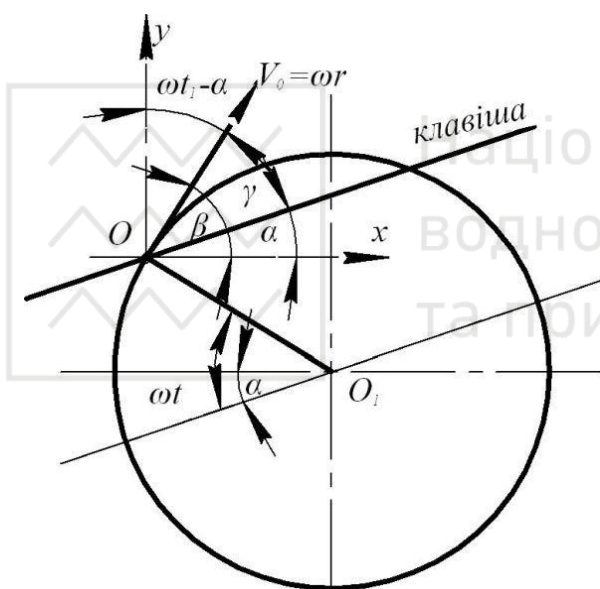


Рис. 9.2. Схема до розрахунку швидкості руху частинки вздовж клавіші соломотряса

Зазначимо, що для п'ятиклавішного соломотряса після проходження його клавішами поздовжньої осі відмітки часу, необхідно починати для другої групи клавіш (рис. 9.4).

Через решітку підбарабання із хлібної маси, що потрапляє в молотильний апарат, виділяється більша кількість (70-90 %) зерна, яке знаходиться в ній. Грубий ворох, що складається із частинок со-

ломи і невиділених зерен, потрапляє на соломотряс.

У результаті дії відбійного бітера, а загалом за рахунок багаторазових струшувань клавішами, грубий ворох на соломотрясі знаходиться в розпушеному стані. Направлені в ньому в різні сторони частинки соломи утворюють просторову решітку, у порожнинах якої знаходяться зерна. Розміри зерен в багато разів менші розмірів частинок соломи і порожнин між цими частинками. Тому розташовані в грубому воросі зерна не можуть впливати на об'єм, зайнятий соломистими частинками (у подальшому - солома). У зв'язку з викладеним, з достатнім рівнем точності, об'єм грубого вороху можна вважати рівним об'єму просторової решітки соломи, що знаходиться в ньому.

Хлібну масу, що потрапляє в молотильний апарат, прийнято характеризувати відношенням

$$\lambda = q_3 / q_c,$$

де q_3 і q_c - маса складових в хлібній масі відповідно зерна і соломи.

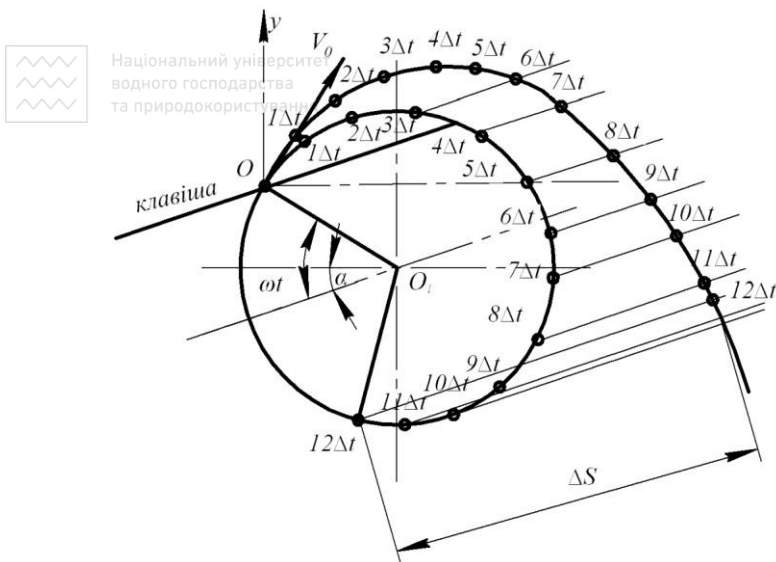


Рис. 9.3. Траєкторія руху частинки під час роботи чотириклавішного соломотряса

З урахування того, що певна кількість дрібних частинок соломи разом із зерном просипається через решітку підбарабання, подачу соломи на соломотряс обчислюють за формулою:

$$q_{cc} = \frac{(1 - \alpha_k) \cdot q}{1 - \lambda}, \quad (9.9)$$

де q - подача хлібної маси в молотильний апарат, кг/с; α - коефіцієнт, що враховує виділення соломистих частинок в молотильному апараті разом із зерном через решітку підбарабання.

Товщину шару соломи, за припущенням, що вона розподіляється рівномірно по всій довжині соломотряса, визначають за формулою

$$H = \frac{q_{cc}}{B \cdot V_c \cdot \gamma}, \quad (9.10)$$

де q_{cc} - подача соломи на соломотряс, кг/с; V_c - середня швидкість руху соломи по соломотрясу, м/с; B - ширина соломотряса, м; γ - щільність соломи на соломотрясі, кг/м³.

Ширину соломотряса вибирають з огляду на довжину барабана молотильного апарата і його тип, що в свою чергу визначає ступінь подрібнення соломи. За молотильного апарата бильного типу приймаємо

$$B = (1, 0 - 1, 1) \cdot L_\sigma, \quad (9.11)$$

де L_σ - довжина барабана молотильного апарата, м.

Якщо молотильний апарат штифтового типу, то $B = (1, 2 - 1, 4) \cdot L_\sigma$.

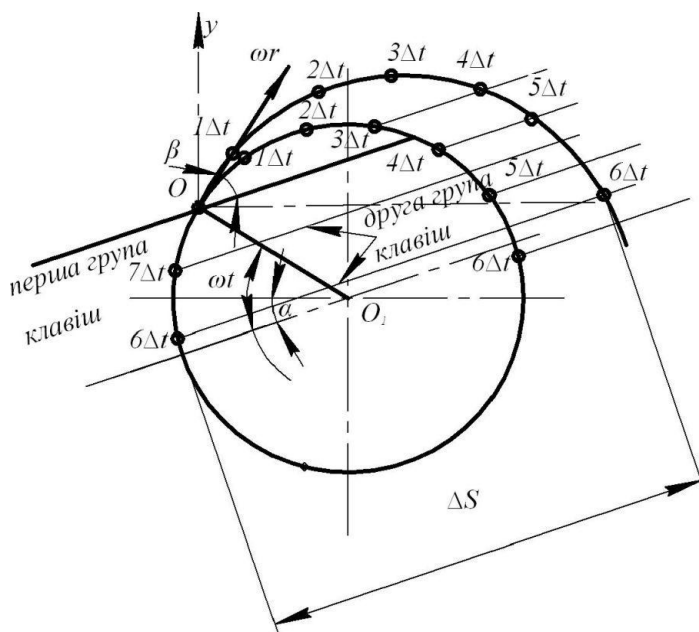


Рис. 9.4. Траєкторія руху частинки під час роботи п'ятиклавішного соломотряса

Довжину соломотряса визначають виходячи з наступних міркувань. Дослідами встановлено, що для виділення зерна із шару грубого вороху товщиною $H_0 = 0,15$ м необхідно нанести по цьому шару $50 = 40$ ударів клавішами соломотряса. Потрібну кількість ударів клавішами по шару грубого вороху в конкретних умовах роботи обчислюють за формулою



$$\delta = \delta_0 \cdot \sqrt{H / H_0}. \quad (9.13)$$

Формула для визначення довжини соломотряса:

$$L = \delta \cdot \Delta S. \quad (9.14)$$

Довжину соломотряса можна визначити і іншим методом. Схід зерна разом із соломою зі соломотряса в відсотковому відношенні від зерна, що потрапляє в молотильний апарат, визначають за формулою

$$q_{zn} (100 - b) \cdot e^{-\mu L}, \quad (9.15)$$

де b - кількість зерна, виділеного з вороху підбарабанням, у відсотках від того, що надійшло в молотильний апарат; μ - коефіцієнт сепарації, m^{-1} .

Коефіцієнт сепарації для клавішних соломотрясів при товщині шару грубого вороху $H_0 = 0,2$ м дорівнює $\mu_0 = (0,6—1,8) m^{-1}$. Зі зміною товщини шару H коефіцієнт μ змінюється за залежністю

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{H_0}{H} \right)^m, \quad (9.16)$$

де $m = 0,8—1,2$ (нижнє значення приймається за легких умов роботи, верхнє - за важких).

Із виразу (9.15) маємо, що

$$L = \frac{\ln(100 - b) / q_{zn}}{\mu}. \quad (9.17)$$

Згідно з агротехнічними вимогами, $q_{zn} = 0,25$ %. Тому формулу (9.17) необхідно записати у такий спосіб:

$$L = \frac{\ln \frac{100 - b}{q_{zn}}}{\mu}. \quad (9.18)$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Відповідно до теми, що досліджується, та з урахуванням поставленої мети:

- 1) вивчити теоретичні положення до завдання, вибрати вихідні дані до розрахунку соломотряса (табл. 9.1);
- 2) за рівнянням (9.2) визначити кут повороту колінчастого валу до моменту відриву частинки від клавіші;
- 3) обчислити відповідно кутову швидкість і частоту обертання колінчастого валу соломотряса - формули (9.3) і (9.4);
- 4) за формулою (9.5) розрахувати напрямок початкової швидкості вільного польоту частинки солomистого вороху;
- 5) використовуючи рівняння (9.6) і (9.7), побудувати траєкторію вільного руху (польоту) частинок соломи після відриву від клавіші соломотряса. Розрахунок поточних координат точок виконувати через інтервал часу, рівному 0,01 с;
- 6) побудувати положення клавіші через інтервал часу 0,01 с;
- 7) визначити графічно переміщення соломи вздовж клавіші за час польоту;
- 8) розрахувати середню швидкість руху частинки соломи вздовж клавіші со-



ломотряса - формула (9.8);

9) за формулою (9.11) або (9.12) обчислити ширину соломотряса;

10) визначити фактичну товщину шару соломи на соломотрясі - формула (9.10);

11) використовуючи формулу (9.13), встановити необхідну кількість струшувачів шару соломи;

12) за формулою (9.14) обрахувати довжину соломотряса;

13) віднайти величину коефіцієнта сепарації – формула (9.16);

14) скориставшись формулою (9.18), обчислити довжину соломотряса (другий спосіб).

Таблиця 9.1

Вихідні дані до розрахунку параметрів і режимів роботи клавійного соломотряса

| № варіанта | Подача хлібної маси в молотильний апарат q , кг/с | Тип молотильного апарату* | Коефіцієнт соломистості X | Радіус коліна вала приводу z , м | Коефіцієнт кінематичного Режиму роботи соломотряса k | Кут нахилу клавіш до горизонту α , град | Кількість клавіш | Довжина барабана молотильного апарата, м | Щільність соломи на соломотрясі u , кг/м ³ | Кількість зерна, виділеного через підбарабання, % від подачі | Коефіцієнт виділення частинки соломи через підбарабання ak |
|------------|---|---------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|--|------------------|--|---|--|--|
| 1 | 6 | Б | 0,45 | 0,050 | 2,8 | 5 | 4 | 1,5 | 20 | 87 | 0,030 |
| 2 | 5 | Б | 0,5 | 0,055 | 2,5 | 6 | 4 | 1,6 | 25 | 85 | 0,033 |
| 3 | 8 | Ш | 0,55 | 0,050 | 2,6 | 7 | 4 | 1,65 | 18 | 90 | 0,032 |
| 4 | 10 | Б | 0,6 | 0,060 | 2,7 | 8 | 5 | 1,4 | 24 | 87 | 0,028 |
| 5 | 7 | Б | 0,7 | 0,055 | 2,6 | 5 | 5 | 1,45 | 22 | 85 | 0,029 |
| 6 | 4 | Ш | 0,55 | 0,050 | 2,2 | 6 | 6 | 1,55 | 25 | 88 | 0,032 |
| 7 | 8 | Ш | 0,62 | 0,060 | 2,7 | 7 | 6 | 1,6 | 19 | 92 | 0,033 |
| 8 | 10 | Б | 0,68 | 0,050 | 2,9 | 8 | 4 | 1,5 | 20 | 87 | 0,031 |
| 9 | 12 | Б | 0,53 | 0,055 | 2,4 | 5 | 5 | 1,6 | 24 | 85 | 0,034 |
| 10 | 9 | Б | 0,4 | 0,060 | 2,5 | 6 | 6 | 1,7 | 22 | 83 | 0,029 |

*Б – бильний молотильний апарат; Ш - штифтовий.

Порівняти розраховану довжину соломотряса, яка визначена різними способами; зробити підсумок.

Результатом виконаної роботи є розрахунок параметрів і режимів роботи клавійного соломотряса та графічні побудовання траєкторії руху частинки з визначенням переміщення частинки вздовж клавіші. За результатами роботи формулюються висновки.



Запитання для самоконтролю

- 1) Які сили діють на частинку, що знаходиться на клавіші соломотряса?
- 2) У чому полягає сутність методики побудови траєкторії руху частинки вороху на соломотрясі?
- 3) Розкажіть про особливості методики розрахунку швидкості руху частинки вороху вздовж клавіші соломотряса.
- 4) Що являє собою показник кінематичного режиму роботи соломотряса?
- 5) У які способи та з використанням яких методик визначають довжину клавіш соломотряса?

Задачі за темою “Розрахунок параметрів і режимів роботи клавішного соломотряса”

1. Визначити втрати зерна за соломотрясом у відсотках, якщо врожайність зерна 32 ц/га, ширина захвату жатки 4 м, швидкість комбайна 5 км/год, а під час контролю якості роботи комбайна за 20 секунд зі соломотряса зійшло (втрати) 300 г зерна.
2. Встановити, чи буде мати місце відрив вороху від клавіш соломотряса, якщо частота обертання колінчастого вала 130 хв^{-1} . Радіус кривошипа 50 мм, кут нахилу клавіші до горизонту 10° .
3. Визначити довжину соломотряса, якщо допустимі втрати зерна 0,5 %, подача хлібної маси в молотильний апарат 5 кг/с, вміст зерна в хлібній масі 0,4, прохід зерна через підбарабання 90%, щільність соломи 20 кг/м^3 , середня швидкість соломи по соломотрясу 0,32 м/с, ширина соломотряса 1500 мм.
4. Чи буде двоклавішний соломотряс переміщувати солومистий ворох у копнувач, якщо його робоча поверхня нахилена під кутом 18° до горизонталі, а колінчастий вал має радіус кривошипа 50 мм і обертається з частотою 198 хв^{-1} ?
5. Обчислити кут повороту колінчастого вала, за якого солома буде відриватися від поверхні клавіш, якщо частота обертання колінчастих валів 190 хв^{-1} , радіус кривошипа $r = 0,05 \text{ м}$, кут нахилу клавіш 12° .
6. Визначити випадок, за якого ворох буде відриватися від клавіш, якщо частота обертання колінчастих валів 130 і 180 хв^{-1} , радіус кривошипа 0,05 м, кут нахилу клавіш 20° .
7. Клавішний двовальний соломотряс має радіус кривошипа $R = 50 \text{ мм}$. Частота обертання колінчастого вала 150 хв^{-1} . Визначити, під яким кутом до горизонталі і з якою швидкістю почнеться вільний політ маси, яка знаходиться на клавіші. Кут нахилу клавіші 10° .



РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЦИЛІНДРИЧНОГО ТРІЄРА

Мета роботи: засвоїти теоретичні положення з визначення раціональних параметрів циліндричного трієра; аналітично і графічно розрахувати оптимальні геометричні та кінематичні режими його роботи.

Формат листа графічної частини – А3. Рекомендований масштаб – 1:10

1.1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Трієр належить до сортувальних машин і призначений для розподілу зернової суміші за таким параметром, як довжина зерна.

З огляду на конструкцію трієри поділяють на дискові і циліндричні. Найчастіше в сортувальних машинах використовуються циліндричні трієри, які являють собою циліндр з внутрішньою робочою циліндричною поверхнею (рис.10.1, а), на якій розміщуються комірки (рис. 10.1, б, в, г). Залежно від технології виготовлення комірки мають різну форму.

Під час роботи трієра зернова суміш, яка надходить на внутрішню поверхню, захоплюється комірками. Розміри комірок підбираються такі, щоб короткі зерна цілком умістилися в них, і тому при повороті трієра вони піднімаються на більшу висоту, ніж довгі зерна, які не можуть цілком розміститися в комірці і випадають з неї раніше, ніж короткі. У зоні випадання короткого зерна всередині циліндра трієра встановлюють жолоб для збирання випадаючого зерна, і далі шнековим транспортером це зерно переміщується із зони роботи трієра. Зерна, які мають довжину більшу, ніж діаметр комірок, випадаючи, знову потрапляють у зернову суміш у нижній частині і поступово виносяться із зони роботи трієра. Таким чином під час роботи трієра відбувається перемішування і поступове вичерпування із зернової суміші зерна з меншою довжиною.

Основні параметри циліндричного трієра:

- ◆ внутрішній діаметр циліндра – D ;
- ◆ довжина циліндра – L ;
- ◆ діаметр комірки – d ;
- ◆ показник кінематичного режиму роботи – k ;
- ◆ кут між нормаллю до вихідної стінки комірки і нормаллю до коміркової поверхні трієра – λ ;
- ◆ діаметр шнека жолоба – $d_{ш}$.

1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ВИПАДАННЯ ЗЕРНА З КОМІРОК

Під час обертання циліндра трієра з кутовою швидкістю ω зерно, яке попало в комірку в першому квадранті, знаходиться в ній в стані відносного спокою до того часу, поки всі діючі на зерно сили будуть врівноважені. Розглянемо положення комірки зі зерном, яка знаходиться у другому квадранті в положенні, визначеному кутом $\alpha = \omega t$ (рис. 10.2). На зерно діють сили:

- сила тяжіння $G = mg$;
- сила тертя $F = N \operatorname{tg}\varphi$;
- нормальна реакція N ;
- сила інерції $P_i = m\omega^2 r$.

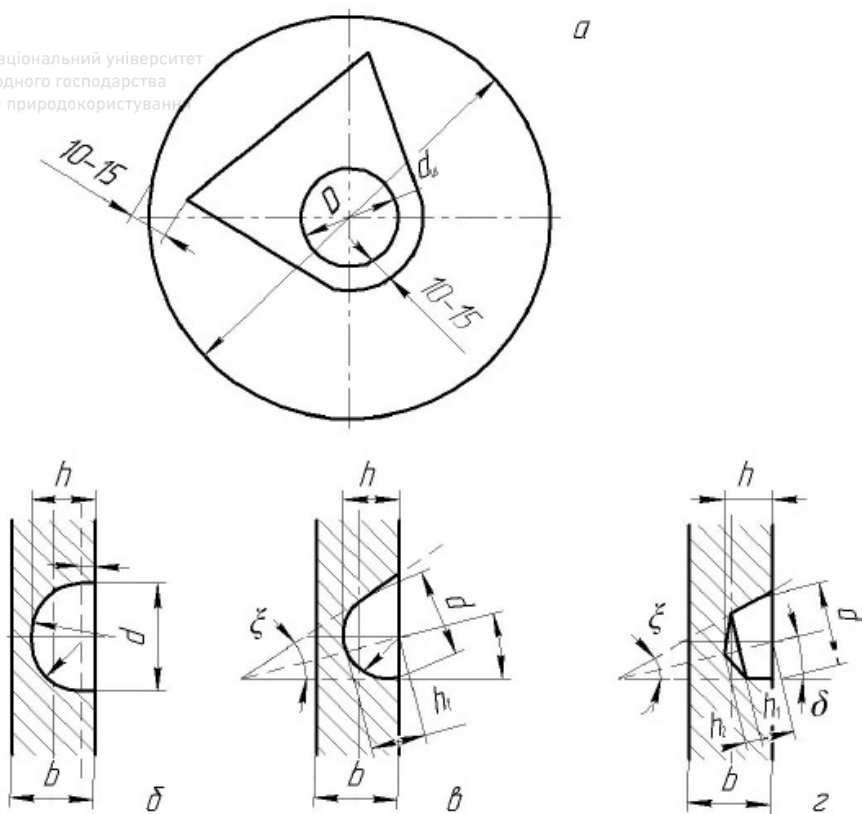


Рис. 10.1. Основні параметри циліндричного трієра (а) та комірок, виготовлених методами штампування (б) та засвердлювання свердлом з конусною (в) і циліндричною (г) робочою поверхнею

Розмістимо початок рухомої системи координат в точці M .

Вісь X спрямуємо в напрямку обертання циліндричного трієра і перпендикулярно внутрішній поверхні комірки, на якій знаходиться еле-

мент M , а вісь Y – по дотичній до цієї поверхні і вгору.

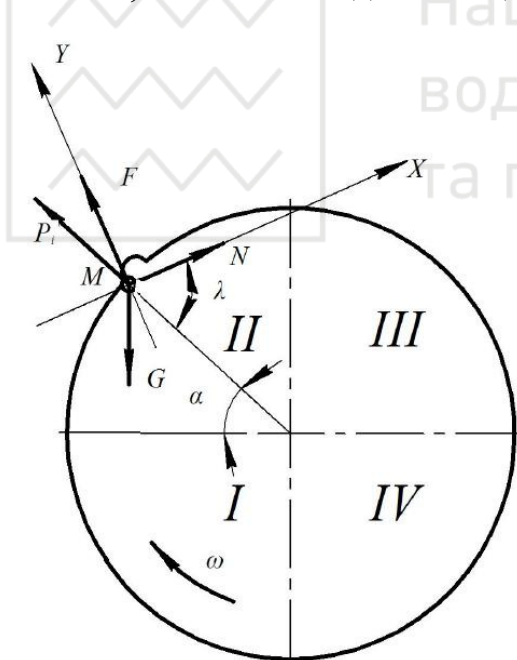


Рис. 10.2. Схема дії сил на зерно в комірці, яка знаходиться в другому квадранті

Цілком імовірно, що зерно буде перебувати в стані відносного спокою доти, доки виконується умова

$$N \operatorname{tg} \varphi + m \omega^2 r \sin \lambda \geq m g \cos(\lambda - \alpha). \quad (10.1)$$

Нормальна реакція з урахуванням складових G і P буде дорівнювати

$$N = m \omega^2 r \cos \lambda + m g \sin(\lambda - \alpha). \quad (10.2)$$

Після підстановки рівняння (10.2) в умову (10.1), зважаючи на те, що відношення

$$\omega^2 r / g = k,$$

де k – показник кінематичного режиму роботи,

та спрощення одержимо, що

$$k \sin(\lambda + \varphi) \geq \cos(\lambda + \varphi - \alpha). \quad (10.3)$$

У разі деякого значення $\alpha = \alpha_c$ (α_c – кут, за якого зерно випадає з комірки) умова (10.3) перетворюється в рівняння і в наступну мить спокій зерна в комірці буде порушений, зерно випаде з комірки і далі буде рухатися у вільному падінні. Тоді кут α_c може бути визначений з нерівності (10.3), якщо

$$k \sin(\lambda + \varphi) = \cos(\lambda + \varphi - \alpha_c),$$

звідки

$$\alpha_c = \lambda + \varphi - \arccos [k \sin(\lambda + \varphi)]. \quad (10.4)$$

Оскільки значення кута тертя φ для частинок короткої фракції, які вичерпу-



ються комірками зі зернової суміші, змінюється від φ_{min} до φ_{max} , то випадання зерна з комірок буде проходити в другому квадранті в деякій зоні (рис. 10.3)

$$\Delta\alpha_e = \alpha_e'' - \alpha_e' \quad (10.5)$$

Нижня межа зони випадання α_e' обумовлюється кутом φ_{min}

$$\alpha_e' = \lambda + \varphi_{min} - \arccos[k \sin(\lambda + \varphi_{min})], \quad (10.6)$$

а верхня – φ_{max}

$$\alpha_e'' = \lambda + \varphi_{max} - \arccos[k \sin(\lambda + \varphi_{max})]. \quad (10.7)$$

У сучасних трієрах з штампованими комірками кут $\lambda \approx \pi / 2$. У цьому випадку умова (10.4) буде мати вигляд

$$\alpha_e = \frac{\pi}{2} + \varphi - \arccos(k \cos \varphi)$$

і відповідно рівняння (10.6) і (10.7) запишемо як:

$$\alpha_e' = \frac{\pi}{2} + \varphi_{min} - \arccos(k \cos \varphi_{min});$$

$$\alpha_e'' = \frac{\pi}{2} + \varphi_{max} - \arccos(k \cos \varphi_{max}).$$

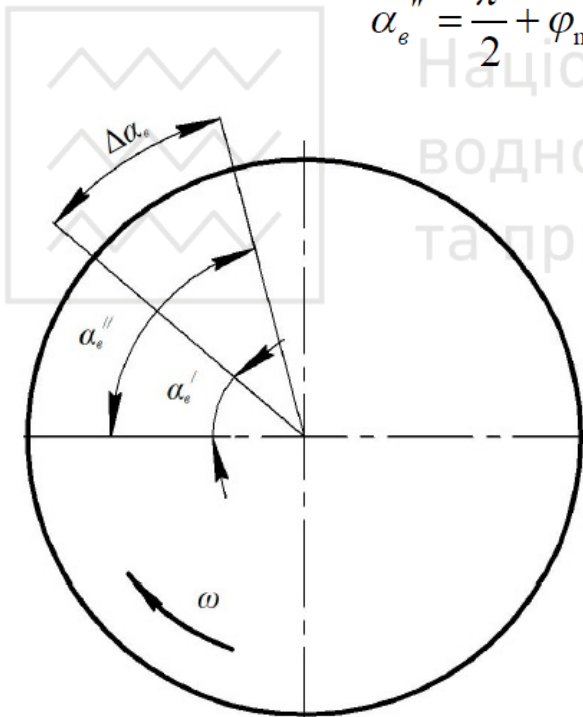


Рис. 10.3. Розрахунок зони випадання зерна з комірки

Кути тертя для різних культур змінюються в широкому діапазоні і для розрахунків їх значення беруть у відповідних довідниках.

Далі розглянемо розрахунок основних параметрів циліндричного трієра

Підбір довжини L трієра і його радіуса r проводять за співвідношенням

$$L^2 r = \frac{q_k 10^6}{c \gamma d^3 n \sqrt{kg}}, \quad (10.8)$$

де q_k – вміст коротких часток в зернової

суміші, яка подається в циліндр трієра, кг/с; c – коефіцієнт, що визначає повноту використання комірок; γ – об'ємна маса (щільність) суміші, г/см³; d – діаметр комірки, мм; n – кількість комірок на 1 м² поверхні циліндра.

Значення q_k знаходять з огляду на задану продуктивність трієра Q і вміст коротких часток (b_k , %) у суміші за рівнянням

$$q_k = \frac{b_k Q}{100 \cdot 3600}. \quad (10.9)$$

Кількість комірок на одному квадратному метрі поверхні залежить від діаметра комірок d і величини перемички θ між двома суміжними комірками



$$n = \frac{2 \cdot 10^6}{\sqrt{3}(d + \theta)^2}. \quad (10.10)$$

На значення величини перемички θ також впливає діаметр комірки d , спосіб виготовлення комірок і матеріал циліндра. У разі виготовлення комірок шляхом засвердлювання в цинкових листах перемичка має значення

$$\theta = 0,65\sqrt{d}, \quad (10.11)$$

у сталевих листах

$$\theta = 0,47\sqrt{d}. \quad (10.12)$$

якщо комірки виготовлені шляхом їх штампування,

$$\theta = 0,8\sqrt{d}. \quad (10.13)$$

Після визначення співвідношення L^2r задаються значенням радіуса, яке вибирається залежно від продуктивності трієра в діапазоні 0,2–0,4 м. Далі визначають довжину циліндра трієра L .

Значення показника кінематичного режиму роботи k залежить також від кутів α_g'' та $\Delta\varphi$ і визначається співвідношенням

$$k = \frac{\sin(\alpha_g' - \Delta\varphi)}{\cos \Delta\varphi}. \quad (10.14)$$

Діаметр шнека $d_{ш}$ залежить від продуктивності трієра та розраховується за рівнянням

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{Q}{15\pi(1 - \alpha^2)s\beta\gamma\psi n'}},$$

де α – коефіцієнт, що залежить від величини діаметра шнека; $\alpha = 0,2-0,14$; s – крок шнека, м; β – коефіцієнт, що залежить від повноти завантаження шнека; ψ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу шнека; n' – швидкість обертання шнека, хв^{-1} .

У розрахунках можна приймати $s \approx d_{ш}$ і тоді

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{Q}{15\pi(1 - \alpha^2)\beta\gamma\psi n'}}$$

1.3. ПОБУДОВА ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЗЕРНА, ВИПАДАЮЧОГО З КОМІРОК. УСТАНОВКА ПРИЙМАЛЬНОГО ЖОЛОБА

Розміри, форма і місце встановлення жолоба обумовлюються розташуванням пучка траєкторій вільного руху зерна в зоні випадання його з комірок. Для цього досить побудувати траєкторію руху зерна, випадаючого на нижній і верхній межах зони утворених кутами $\alpha v'$ і $\alpha v''$ (рис. 10.3).

Траєкторія руху зерна має вигляд параболи, і в параметричній формі рівняння траєкторії вільного руху зерна мають такий вигляд:



$$x = \omega r t \sin \alpha_\varepsilon; \quad (10.15)$$

$$y = \omega r t \cdot \cos \alpha_\varepsilon - \frac{gt^2}{2}. \quad (10.16)$$

Осі X і Y встановлені з початком координат у точці випадання зерна з комірок.

Професор М.Н. Летошнев рекомендує будувати траєкторії по координатах чотирьох характерних точок: “ a ”, “ b ”, “ c ”, “ e ” (рис. 10.4). Для точки “ a ”, розташованої на вершині параболи, характерно, що вертикальна складова швидкості, дорівнює нулю, тобто $dy/dt = 0$.

$$dy/dt = \omega r \cos \alpha_\varepsilon - g t_a = 0, \quad (10.17)$$

де t_a – час руху зерна по трієру до точки “ a ”.

З рівняння (9.17) знаходимо, що

$$t_a = \frac{\omega r \cdot \cos \alpha_\varepsilon}{g}. \quad (10.18)$$

Підставляючи значення (10.18) часу t_a в рівняння (10.15) і (10.16), знаходимо координати точки “ a ”:



$$\begin{cases} x_a = \frac{\omega^2 r^2}{g} \sin \alpha_\varepsilon \cos \alpha_\varepsilon = \frac{k r}{2} \sin 2\alpha_\varepsilon; \\ y_a = \frac{\omega^2 r^2}{2g} \cos^2 \alpha_\varepsilon = \frac{k r}{2} \cos^2 \alpha_\varepsilon. \end{cases} \quad (10.19)$$

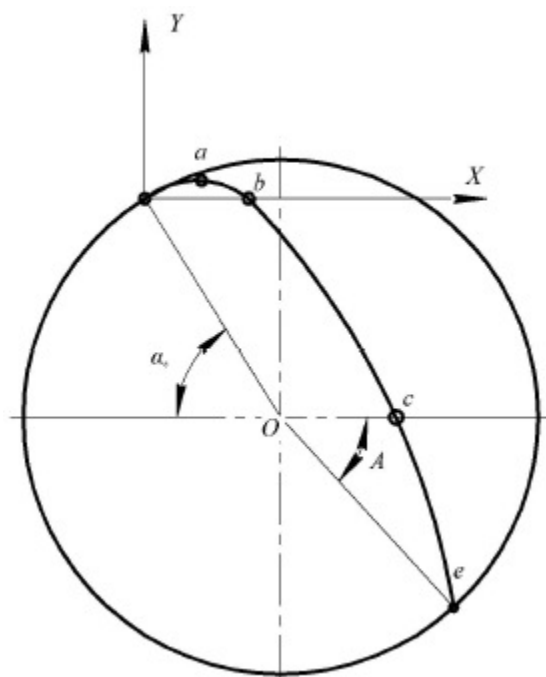


Рис. 10.4. Визначення траєкторії руху зерна (за М.Н. Летошневим)

Нехтуючи опором повітря при переміщенні зерна, для точки “ b ” можна записати систему

$$\begin{cases} x_\varepsilon = 2x_a; \\ y_\varepsilon = 0. \end{cases} \quad (10.20)$$

У точці “ c ” парабола перетинає горизонтальний діаметр трієра, тому

$$y_c = -r \sin \alpha_\varepsilon. \quad (10.21)$$

Підставляючи значення формули (10.21) в рівняння (10.16), знаходимо час руху зерна до точки “ c ”, який підставляємо в рівняння (10.15) і одержуємо x_c

$$x_c = r \sin \alpha_\varepsilon (k \cos \alpha_\varepsilon + \sqrt{k^2 \cos^2 \alpha_\varepsilon + 2k \sin \alpha_\varepsilon}). \quad (10.22)$$

У точці “ e ” траєкторія руху зерна зустрічається з внутрішньою поверхнею циліндра. Положення цієї точки обумовлено центральним кутом A між радіусом O_e



і горизонтальним діаметром трієра, який можна визначити з рівняння

$$\cos(\alpha_g - A) = 2k \sin \alpha_g - 1,$$

звідки

$$A = \alpha_g - \arccos(1 - 2k \sin \alpha_g). \quad (10.23)$$

Підставляючи в рівняння (10.19), (10.20), (10.21), (10.22) і (10.23) значення кута α_g для нижньої (α_g') і верхньої (α_g'') меж зони випадання, будемо крайні траєкторії руху зерна зони випадання.

Після цього підбираємо форму і місце встановлення жолоба з таким розрахунком, щоб побудовані траєкторії руху зерна проходили через горловину жолоба. Розміри нижньої частини жолоба обумовлюються діаметром шнека.

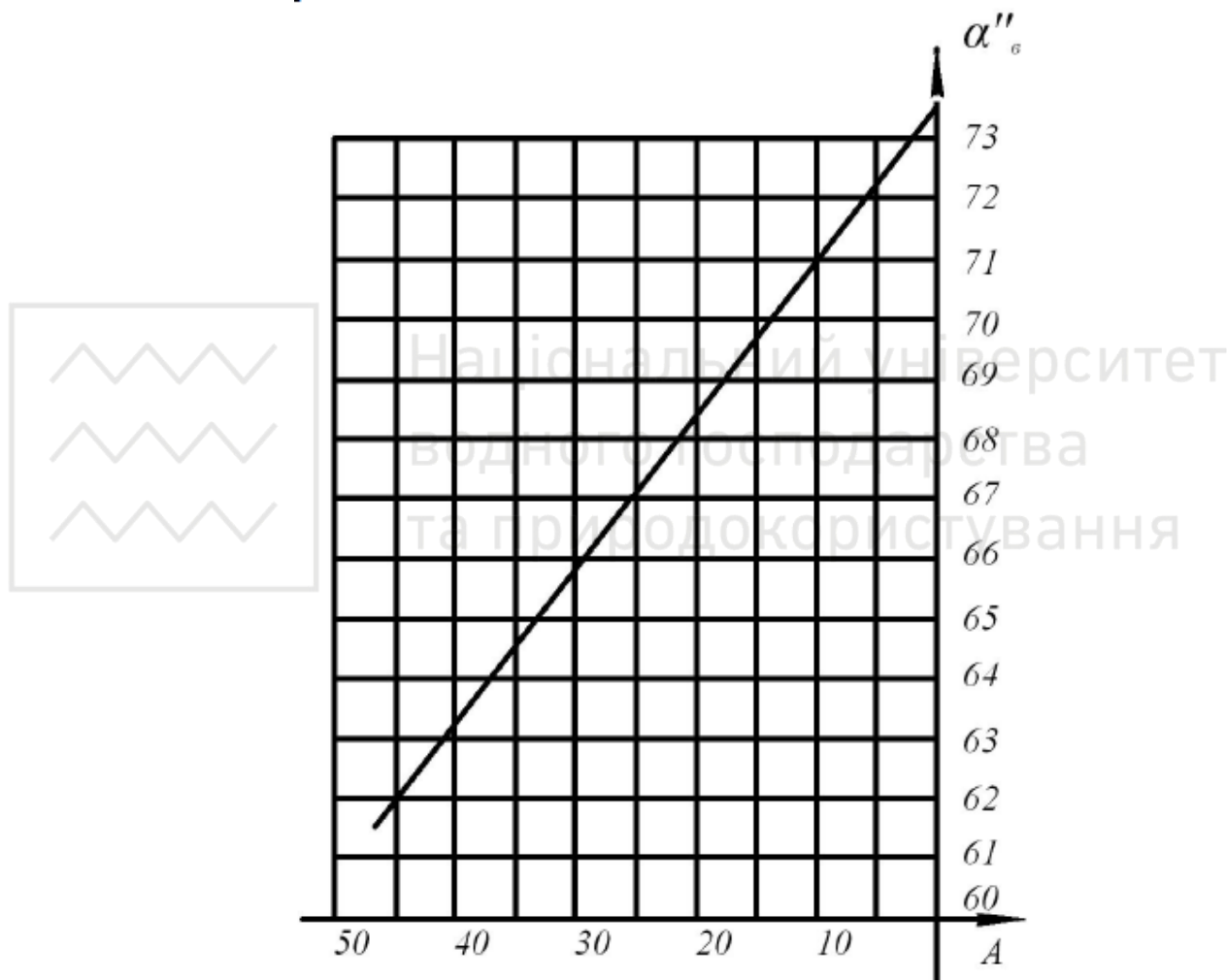


Рис. 10.5. Графік для визначення кута α_g''

2. ПОРЯДОК РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ТРІЄРА

Розрахунки трієра проводять по заданій продуктивності Q . При цьому необхідно знати характеристики суміші: вміст коротких або довгих домішок (у відсотках), розміри зерна, згідно з якими підбирають розміри (діаметр) комірок. Задають також центральний кут A'' , який характеризує точку зустрічі траєкторії руху випадального із комірки зерна на верхній межі зони випадання з поверхнею циліндра трієра.

Приблизні дані для розрахунку трієра наведені в табл. 10.1.


Вихідні параметри для розрахунку трієра

| № варіанта | Культура | Продуктивність Q , кг/год | Вміст домішок (довгих), % | Діаметр комірок d , мм | A_0'' |
|------------|----------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------|
| 1 | Пшениця | 800 | 8 | 8,5 | -30 |
| 2 | Пшениця | 700 | 9 | 8,5 | -35 |
| 3 | Пшениця | 750 | 7 | 8,5 | -40 |
| 4 | Пшениця | 700 | 10 | 8,5 | -37 |
| 5 | Жито | 700 | 8 | 10,0 | -35 |
| 6 | Жито | 750 | 10 | 10,0 | -40 |
| 7 | Жито | 600 | 9 | 10,0 | -30 |
| 8 | Ячмінь | 500 | 6 | 11,2 | -30 |
| 9 | Ячмінь | 600 | 8 | 11,2 | -35 |
| 10 | Ячмінь | 700 | 10 | 11,2 | -40 |
| 11 | Ячмінь | 800 | 10 | 11,2 | -45 |

1. Відповідно до заданого кута A'' і графіка (рис.10.5) визначають кут α_6'' , який характеризує верхню межу зони випадання.

При цьому приймається, що кути тертя зерна по поверхні комірок змінюються в межах від $\varphi_{min} = 1^\circ$ до $\varphi_{max} = 46^\circ$, тобто $\Delta\varphi = 45^\circ$.

Знайдене значення α_6'' має задовольняти рівняння

$$\cos 2\alpha_6'' + \sin 2\alpha_6'' + \cos(\alpha_6'' - A'') = 0.$$

2. За рівнянням (10.14) знаходять значення k показника кінематичного режиму роботи. У даному випадку $\Delta\varphi = 45^\circ$, тоді рівняння (10.14) матиме вигляд

$$k = \sqrt{2} \sin(\alpha_6'' - 45^\circ).$$

3. Визначають кут α_6' , який характеризує нижню межу зони випадання зерна. Для цього можна використати залежність

$$\alpha_6'' = \arcsin k.$$

4. Використовуючи рівняння (10.5) визначають зону випадання зерна (домішок) з комірки трієра.

5. За рівнянням (10.9) визначають вміст домішок в основній культурі qk , які необхідно виділити зі суміші в одиницю часу.

6. Кількість комірок n на одному квадратному метрі поверхні трієра знаходять за формулою (10.10). При цьому величина перемички θ залежить від діаметра комірок d і способу їх виготовлення. Її розраховують відповідно до рівнянь (10.11), (10.12) або (10.13).

7. Розміри циліндра трієра обчислюють за рівнянням (10.8). При цьому значення коефіцієнта c приймається залежно від того, які домішки виділяються зі суміші. У разі виділення довгих домішок можна прийняти, що

$$c = 2,5 \cdot 10^{-2}, \text{ м}^{-3/2}$$

а коротких –

$$c = 1,0 \cdot 10^{-2}, \text{ м}^{-3/2}$$



Об'ємна маса γ суміші залежить від складу цієї суміші, вологості та інших фізико-механічних характеристик. Для пшениці, жита, ячменю з дрібними домішками можна приймати $\gamma = 0,71-0,76 \text{ г/см}^3$. Після знаходження добутку L_r необхідно задатися радіусом циліндра трієра (чим вища продуктивність Q , тим більше приймаємо значення радіуса, в межах 200–400 мм), а потім визначити довжину циліндра L .

8. За відомими значеннями r і k розраховують швидкість обертання циліндра трієра

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{kg}{r}}.$$

9. Використовуючи рівняння (10.19), (10.20), (10.21), (10.22), (10.23), розраховують координати точок “ a ”, “ b ”, “ c ” і “ e ” для траєкторії руху зерна, випадаючого з комірок на нижній і верхній межах зони випадання.

10. Графічна частина завдання включає в себе креслення у вибраному масштабі поперечного перетину циліндра трієра, на якому відкладають значення кутів av' і av'' . По точках “ a ”, “ b ”, “ c ” і “ e ” будують траєкторії руху зерна, випадаючого з комірок на нижній і верхній межах зони випадання. Після цього визначають форму і місце установки приймального жолоба у такий спосіб, щоб траєкторії руху зерна проходили через його горловину.

Запитання для самоконтролю

1. Розкажіть про класифікацію циліндричних трієрів та їх застосування.
2. Як підбираються форми трієрних комірок?
3. За яким принципом розміщуються трієрні комірки?
4. Що відомо з літератури про показники кінематичного режиму роботи?
5. З'ясуйте сутність побудови траєкторії руху зерна в циліндричному трієрі?
6. У який спосіб відбувається визначення параметрів встановлення жолоба трієра?

Задачі за темою “Розрахунок параметрів та режимів роботи циліндричного трієра”

1. Визначити, чи можливо повністю видалити великі і дрібні домішки зі зерна, якщо зерновий ворох характеризується такими статистичними характеристиками: середнє арифметичне значення товщини зерна 2–3 мм, великих домішок 3,3 мм, дрібних домішок 1–2 мм, середнє квадратичне відхилення товщини зерна 0,23 мм, великих домішок 0,3 мм, дрібних домішок 0,12 мм.

2. Розрахувати кут повороту циліндричного трієра, за якого почнеться випадання часток з комірок і ковзання вниз часток, які не потрапили в комірки, якщо циліндр обертається з частотою 40 хв^{-1} , радіус циліндра 0,25 м, кут нахилу опорної поверхні комірки 0° , кут тертя зерна по поверхні трієра 20° .

3. Обчислити радіус циліндра трієра, якщо частота обертання циліндра 42 хв^{-1} .

4. Визначити кут повороту циліндра трієра, за якого почнеться випадання часток з комірок і ковзання вниз часток, що не потрапили в комірки, якщо циліндр обертається з частотою 42 хв^{-1} , радіус циліндра 0,5 м, кут нахилу опорної поверхні комірки 0° , кут тертя зерна по поверхні трієра 22° .

5. Розрахувати критичну швидкість обертання трієрного циліндра діаметром 600 мм.

6. Визначити зону випадання коротких зерен в вівсюжному трієрі і положення боковин приймального лотка за таких вихідних даних: радіус циліндра - 300 мм, по-



казник кінематичного режиму - 0,6, кути тертя пшениці по сталі $\varphi_{min} = 14^\circ$ і $\varphi_{max} = 30^\circ$.
7. З'ясувати, чи можливо повністю видалити великі і дрібні домішки зі зерна, якщо зерновий ворох характеризується такими статистичними характеристиками: середнє арифметичне значення товщини зерна 2,5 мм, великих домішок 4,0 мм і дрібних домішок 1,4 мм; середнє квадратичне відношення товщини зерна 0,25 мм, великих домішок 0,3 мм і дрібних домішок 0,12 мм.

8. Встановити, величина якого з досліджуваних чинників змінюється у відносно великому інтервалі, якщо середнє арифметичне значення ширини зерен 2,6 мм, товщина 2,5 мм і довжина 6,3 мм; середнє квадратичне відхилення ширини зерен 0,24 мм, товщини 0,25 мм і довжини 0,52 мм.

9. Визначити коефіцієнт парусності, якщо динамічний тиск повітряного потоку, за якого зерно знаходиться у завислому стані, 6,8 мм вод. ст., щільність повітря $1,2 \text{ кг/м}^3$.

10. Розрахувати допустиму швидкість руху зерна заданої культури по плоскому решету, якщо кут нахилу решета до горизонталі $\alpha = 8^\circ$, довжина отворів решета 20 мм і радіус кривошипа 8 мм.



Національний університет
водного господарства
та природокористування