

## ПОЛПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ КОРЕНЕКЛУБНЕПЛОДІВ ІЗ ЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ В ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ ЗА РАХУНОК СИНХРОНІЗАЦІЇ ЇХ РУХУ

**Кисель В.С., асп.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Отримані диференціальні рівняння руху секціями транспортера збиральної машини, та кузовом відносно машини для синхронного руху збирального комплексу.*

**Вступ.** Щоб ефективно і безпечно керувати сучасною сільськогосподарською технікою, механізаторам необхідно досконало володіти прийомами гальмування, керування, запобігати можливому зіткненню з іншими тракторами і сільськогосподарськими машинами при груповому русі на полі. Недостатня кваліфікація механізаторів і відсутність досвіду провокують поломки тракторів і комбайнів. На їх ремонт витрачається немало коштів і часу, а збиральні роботи не можуть чекати.

**Аналіз публікацій.** Відома система керування процесом перевантаження матеріалу із збиральної сільськогосподарської машини в транспортний засіб [1], коли для контролю подовжніх відхилень транспортного засобу відносно збиральної машини на остові останньої встановлено два фотоелектричні датчики, що реагують на вертикальну яскраву контрастну мітку на борту. Для контролю поперечної відстані між транспортним засобом і збиральною машиною на вивантажувальному робочому органі непорушно відносно збиральної машини встановлено чотири фотоелектричні датчики, що реагують на горизонтальну яскраву контрастну мітку, нанесену на верхній кромці борту. Світло, відбите від мітки і борту, перетвориться в електронній частині пристрою в електричні імпульси. Імпульси поступають на логічну схему, виходи якої пов'язані з показуючим пристроєм. Сигнали показуючого пристрою інформують водія збиральної машини про положення останньої відносно транспортного засобу. За допомогою радіозв'язку сигнали з показуючого пристрою, встановленого на збиральній машині, передаються до встановленого на транспортному засобі показуючого пристрою, який використовується для ручного управління процесом перевантаження урожаю.

Відома система керування процесом перевантаження матеріалу із збиральної сільськогосподарської машини в транспортний засіб [2], яка містить вивантажувальний робочий орган, виконаний поворотним в горизонтальній площині, козирок, виконаний поворотним у вертикальній площині, блок ручного керування, гідромеханічну виконавчу систему, фотоелектричний блок, керуючий пристрій. На борт транспортного засобу нанесені фарбою поблизу його правого і лівого країв дві вертикальних яскраві контрастні мітки, а на

певній відстані від верхньої кромки борту нанесена одна горизонтальна мітка. Працює пристрій таким чином. При підході порожнього транспортного засобу, коли середина його борту виявиться напроти вивантажувального робочого органу, комбайнер вводить машину в гін, заздалегідь включивши управління пристроїв, при цьому з одного або з двох виходів керуючого пристрою, поступить сигнал до виконавчого механізму і вивантажувальний робочий орган почне переміщатися. Сигнал на виході керуючого пристрою, при якому вивантажувальний робочий орган переміщається в якому-небудь напрямі, зберігається до тих пір, поки фотоелементи горизонтального ряду не зреагують на яскраву контрастну мітку, при цьому керуючий сигнал, на виконавчий механізм поступить з іншого виходу пристрою, що приведе до зміни напрямку переміщення вивантажувального робочого органу. При переміщенні в горизонтальній площині вивантажувального робочого органу перша і друга пара фотоелементів реагує на горизонтальну яскраву контрастну мітку, а сигнали від них служать для обмеження кроків переміщення козирка відповідно при його підйомі і опусканні.

Оскільки швидкість роботи машини не постійна, то недоліком системи [1] є ручне керування процесом перевантаження врожаю. Крім того, недоліком системи є необхідність устаткування кожного транспортного засобу приймальним і показуючим пристроями, що вимагає певних технічних і експлуатаційних витрат.

Загальним недоліком систем [1, 2] є те, що в процесі роботи в польових умовах контрастні мітки на бортах транспортного засобу припадають пилом і залишками сільськогосподарської продукції і система швидко втрачає чутливість.

**Мета і постановка завдання.** Завданням дослідження є зниження втрат і пошкодження коренеклубнеплодів при їх вантаженні збиральною машиною в кузов транспортного засобу при синхронному русі збирального комплексу.

**Вирішення питання.** З метою попередження поломок вивантажувального транспортера коренезбиральної машини, яка працює в автоматичному режимі вивантаження, а також транспортного засобу, створена система автоматичної синхронізації руху збирального комплексу.

Система автоматичної синхронізації руху (САС) елементів збирального комплексу призначена для зниження втрат сільськогосподарської продукції і забезпечення безпеки процесу вивантаження коренеклубнеплодів в за рахунок синхронності руху збирального комплексу. Система містить електронний блок керування (ЕлБК), датчик відстані, електрогідромеханічну виконавчу систему (ЕГІС), блок світлової і звукової сигналізації (БСЗС), датчики безпеки головної секції транспортера (ГСТ), датчики бічного ближнього борту, датчик бічного дальнього борту, датчик переднього борту, датчик заднього борту кузова транспортного засобу, встановлені на кінцевій секції транспортера (КСТ).

Зміна положення елементів збирального комплексу відбувається за рахунок зміни швидкості (подовжній маневр), а так само його управління (бічний). У технологічному процесі вивантаження сільськогосподарської продукції в кузов транспортного засобу є три пристрої для зміни положення

елементів системи: ГСТ, КСТ, транспортний засіб. Кожен з цих пристроїв може знаходитися в трьох станах:

- маневр в певному напрямі;
- маневр в протилежному напрямі;
- відсутність маневру.

Приймаємо знаки маневрування:

Переміщення ГСТ:

$\text{Sign } \dot{\alpha}_1 = 1$  – ГСТ рухається вгору;

$\text{Sign } \dot{\alpha}_1 = -1$  – ГСТ рухається вниз;

$\text{Sign } \dot{\alpha}_1 = 0$  – ГСТ нерухома.

Переміщення КСТ:

$\text{Sign } \dot{\alpha}_2 = 1$  – КСТ рухається вгору;

$\text{Sign } \dot{\alpha}_2 = -1$  – КСТ рухається вниз;

$\text{Sign } \dot{\alpha}_2 = 0$  – КСТ нерухома.

Подовжнє переміщення кузова транспортного засобу:

$\text{Sign } \Delta \dot{Y}_{HO} = 1$  – збільшення швидкості (кузов транспортного засобу переміщується вперед відносно збиральної машини);

$\text{Sign } \Delta \dot{Y}_{HO} = -1$  – зменшення швидкості (кузов транспортного засобу переміщаються назад відносно збиральної машини);

$\text{Sign } \Delta \dot{Y}_{HO} = 0$  – швидкість постійна ( $v = \text{const}$ ).

Поперечне переміщення кузова транспортного засобу:

$\text{Sign } \Delta \dot{X}_{HO} = 1$  – кузов транспортного засобу переміщаються вліво відносно збиральної машини;

$\text{Sign } \Delta \dot{X}_{HO} = -1$  – кузов транспортного засобу переміщаються вправо відносно збиральної машини);

$\text{Sign } \Delta \dot{X}_{HO} = 0$  – поперечне переміщення відсутнє.

У приведених знаках:

$\dot{\alpha}_1, \dot{\alpha}_2$  – кутові швидкості переміщення ГСТ і КСТ при зміні їх положення за допомогою гідроциліндрів;

$\Delta \dot{X}_{HO}, \Delta \dot{Y}_{HO}$  – приріст швидкості кузова транспортного засобу в поперечному і подовжньому напрямках.

Система має час запізнювання, тобто при здобутті сигналу з датчика і його обробки в ЕЛБК проходить деякий час до початку маневрування або припинення маневрування. При роботі системи в процесі завантаження можливе два розташування датчиків відносно бортів кузова транспортного засобу:

– датчики у вивантажуючій частині КСТ знаходяться нижче за рівень бортів кузова транспортного засобу;

– датчики у вивантажуючій частині КСТ – вище за рівень бортів кузова транспортного засобу.

Для кожної ситуації необхідний відповідний алгоритм реагування, тому

необхідно перевірити кожну можливу ситуацію.

Так як висота вивантаження коренеклубнеплодів відрізняється від заданої, тому при включенні автоматичного режиму, секції вивантажувального транспортера опускаються в кузов транспортного засобу, підтримуючи задану висоту вивантаження. При такому положенні транспортера, в наслідок порушення синхронності можливі аварійні ситуації: зіткнення транспортера з бортами або кабіною транспортного засобу.

При заповненні кузова слід встановити транспортер відносно кузова в найсприятливіше положення. Це можливо зробити, здійснюючи маневрування транспортером і причепом транспортного засобу відносно коренеклубнезбиральної машини. Оскільки швидкість  $\dot{Y}_{MH}$  машини задана, потрібно визначити оптимальне значення швидкості причепа  $\dot{Y}_{HO}$ , яка при рішенні даної задачі вважається постійною.

Для рішення задачі здійснимо також якнайкраще початкове встановлення причепа в поперечному напрямі так, щоб забезпечити максимально можливе заповнення кузова. При цьому слід вибрати оптимальне значення відхилення переміщення  $X_{ПСР}$  точки  $O_1$  транспортера (рис. 1) від середини поперечного розміру кузова. При цьому висота падіння коренеплодів поки фіксуватиметься тільки датчиком відстані, встановленим в точці  $O_0$  (рис. 2).

При початковому установленні слід врахувати необхідність розміщення вивантажувальної частини транспортера усередині площі кузова і відсутність торкання його бортів.

Введемо кут крену  $\varphi$  (рис. 2), закон зміни якого вважатимемо заданим.

Таким чином, сформулюємо задачу в такому вигляді: визначити набір значень  $\dot{Y}_{HO}$ ,  $X_{ПСР}$ ,  $\alpha_{1\max}$  так, щоб заповнення кузова було максимально можливим при заданих розмірах і дії зазначених вище обмежень. Визначення кожного з параметрів можна проводити, вирішуючи окремі задачі. Після цього можна розв'язати задачу заповнення поперечного перетину кузова, прийнявши однаковими значення  $\dot{Y}_{HO}$ ,  $\dot{Y}_{MH}$ , при цьому можна знайти раціональне значення  $X_{ПСР}$ . Потім із знайдених значень  $\alpha_{1\max}$ ,  $X_{ПСР}$  слід визначити раціональне значення  $\dot{Y}_{HO}$ . Прийнемо такі системи координат: інерційну  $X_H Y_H Z_H$  з початком в довільній точці  $O_H$  (рис. 1); пов'язану з кузовом  $XYZ$ , з початком в точці  $O$  в лівому нижньому кутку кузова; систему  $X_1 Y_1 Z_1$ , осі якої паралельні осям  $XYZ$ , з початком в точці  $O_1$  (ця точка знаходиться в площині задньої стінки транспортера на перетині з вантажонесучою площиною); систему  $X_M Y_M Z_M$  з осями, паралельними осям  $XYZ$ , і початком, який збігається з віссю повороту основної секції транспортера; систему  $X_3 Y_3 Z_3$ , яка має осі  $X_3 Y_3$ , повернені по відношенню до осей  $X_M Y_M Z_M$  на кут  $\varphi$  крену машини відносно до горизонту. В якості секцій транспортера прийнемо прямі  $MO_2$  і  $O_1 O_2$ . Точка  $O_2$  знаходиться на осі повороту кінцевої секції транспортера. Кут  $\alpha_1$  повороту головної секції транспортера відлічується від площини рами машини;  $\alpha_2$  – кут

між секціями транспортера;  $\alpha_4$  – кут між секцією  $O_1O_2$  вивантажувальної частини транспортера і його вантажонесучою площиною. Кути  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  можуть змінюватися за допомогою гідроциліндрів, кут  $\alpha_4$  постійний і визначається конструкцією транспортера.

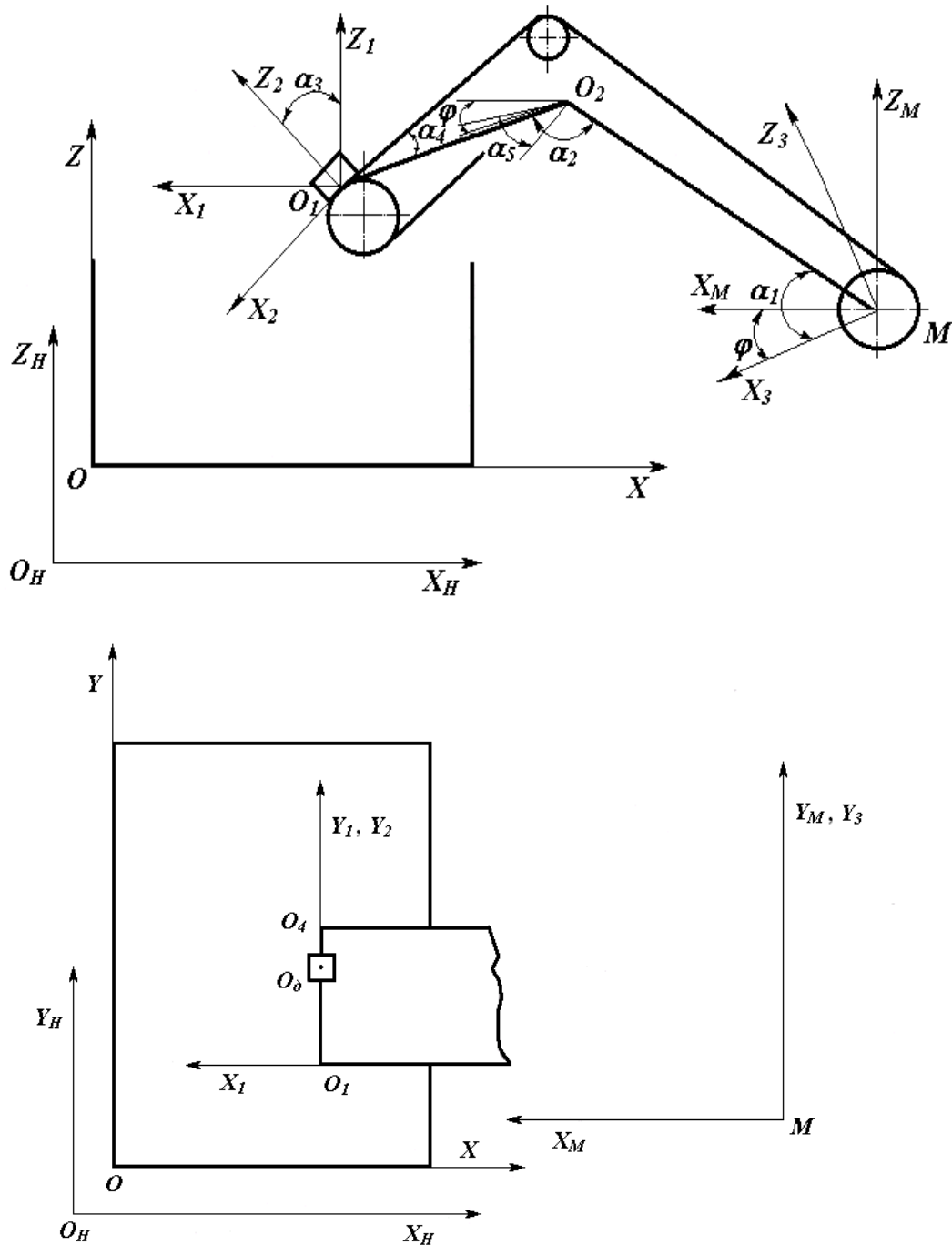


Рис. 1 – Системи координат збирального комплексу

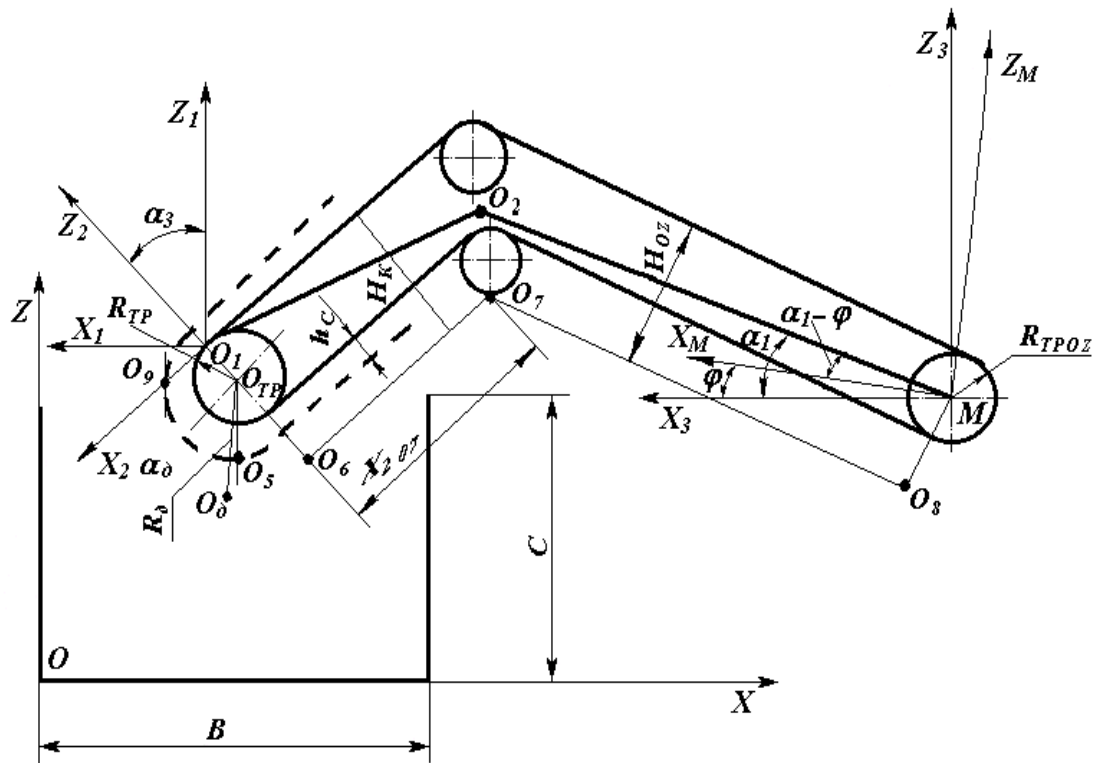


Рис. 2 – Розміщення транспортера відносно бортів кузова транспортного засобу

Розглянемо спочатку співвідношення між кутами, які показані на рис. 1. Кут нахилу вантажонесучої площини транспортера до горизонту  $\alpha_3$ , можна визначити з рис. 1:

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= \varphi + \alpha_5 + \alpha_4; \\ \alpha_5 &= (\pi - \alpha_2) - \alpha_1, \end{aligned} \quad (1)$$

де координати точки  $O_1$  дорівнюють:

$$\begin{aligned} X_{HO1} &= X_{HM} - X_{MO1}, \\ Y_{HO1} &= Y_{HM} + Y_{MO1}, \\ Z_{HO1} &= Z_{HM} + Z_{MO1}, \end{aligned} \quad (2)$$

де:  $X_{MO1}$ ,  $Y_{MO1}$ ,  $Z_{MO1}$  – координати точки  $O_1$  в системі координат  $X_M Y_M Z_M$ .

Останні з урахуванням кутового перетворення координат, дорівнюють

$$\begin{aligned} X_{MO1} &= X_{3O1} \cos \varphi + Z_{3O1} \sin \varphi, \\ Y_{MO1} &= Y_{3O1}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$Z_{MO1} = Z_{301} \cos \varphi + K_{301} \sin \varphi,$$

де:  $X_{301}, Y_{301}, Z_{301}$  – координати точки  $O_1$  в системі координат  $X_3 Y_3 Z_3$ .

Вони дорівнюють

$$\begin{aligned} X_{301} &= MO_2 \cos \alpha_1 + O_1 O_2 \cos \alpha_5, \\ Z_{301} &= MO_2 \sin \alpha_1 - O_1 O_2 \sin \alpha_5. \end{aligned} \quad (4)$$

Координата  $Y_{301}$  задана – це розмір машини.

З урахуванням викладеного, після перетворень знайдемо

$$\begin{aligned} X_{HO1} &= X_{HM} - MO_2 \cos(\alpha_1 - \varphi) - O_1 O_2 \cos(\pi - \alpha_2 - \alpha_1 + \varphi) \\ Y_{HO1} &= Y_{HM} + Y_{301}, \\ Z_{HO1} &= Z_{HM} + MO_2 \sin(\alpha_1 - \varphi) - O_1 O_2 \sin(\pi - \alpha_2 - \alpha_1 + \varphi). \end{aligned} \quad (5)$$

Після диференціювання

$$\begin{aligned} \dot{X}_{HO1} &= \dot{X}_{HM} + MO_2 \sin(\alpha_1 - \varphi)(\dot{\alpha}_1 - \dot{\varphi}) + O_1 O_2 \sin(\pi - \alpha_2 - \alpha_1 + \varphi)(\dot{\varphi} - \dot{\alpha}_2 - \dot{\alpha}_1) \\ \dot{Y}_{HO1} &= \dot{Y}_{HM}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\dot{Z}_{HO1} = \dot{Z}_{HM} + MO_2 \cos(\alpha_1 - \varphi)(\dot{\alpha}_1 - \dot{\varphi}) + O_1 O_2 \cos(\pi - \alpha_2 - \alpha_1 + \varphi)(\dot{\alpha}_2 + \dot{\alpha}_1 - \dot{\varphi}),$$

де величини з крапкою позначають відповідні швидкості.

Рух машини і кузова вважається рівномірним. Те ж прийємо відносно вимірювання кутів  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ . Вирішивши цю задачу, можливо також задати закон зміни координат  $X_{HM}, Z_{HM}$ . Прийємо поки

$$X_{HM} = Z_{HM} = \varphi = \dot{X}_{HM} = \dot{Z}_{HM} = \dot{\varphi} = 0.$$

Зміна координат відбувається за наявності маневрування коренеклубнезбиральної машини секціями транспортера, або кузовом відносно машини. Зміна координати машини в подовжньому напрямі відбувається безперервно, оскільки вважається, що заповнення відбувається під час руху машини. При маневруванні для кожного виду руху призначимо свою шкалу часу, оскільки є можливість незалежної зміни будь-якої з координат. З урахуванням зазначеного

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_1^* + \dot{\alpha}_1 (t_{\alpha 1} - t_{\alpha 1}^*), \\ \alpha_2 &= \alpha_2^* + \dot{\alpha}_2 (t_{\alpha 2} - t_{\alpha 2}^*), \\ Y_{HM} &= Y_{HM}^* + Y_{HMt}^*, \end{aligned} \quad (7)$$

$$Y_{HO} = Y^*_{HO} + Y_{HO}(t_{PM} - t^*_{PM}) + \Delta \dot{Y}_{HO}(t_{PM} - t^*_{PM}),$$

$$X_{HO} = X^*_{HO} + \dot{X}_{HO}(t_{BM} - t^*_{BM}),$$

де величини із зірочками відносяться до моменту часу початку маневру;

$t_{\alpha 1}, t_{\alpha 2}, t, t_{PM}, t_{BM}$  – відповідно шкали часу зміни положення головної секції транспортера (ланка  $MO_2$ ), та кінцевої секції транспортера (ланка  $O_1O_2$ ), машини, кузова в подовжньому та поперечному напрямках;

$\dot{\alpha}_1, \dot{\alpha}_2$  – кутові швидкості секцій транспортера, які визначаються швидкістю переміщення штоків гідроциліндрів;

$\alpha_1, \alpha_2$  – кути зміни секцій транспортера;

$\dot{Y}_{HM}, \dot{Y}_{HO}$  – відповідно швидкість машини та кузова транспортного засобу при відсутності подовжнього маневрування;

$\Delta \dot{X}_{HO}$  – швидкість переміщення кузова в поперечному напрямку при маневруванні;

$\Delta \dot{Y}_{HO}$  – різниця за наявності подовжнього маневрування та за його відсутності.

**Висновок.** Отримані диференціальні рівняння руху коренеклубне-збиральної машини з МТА можуть служити основою для обґрунтування закономірностей процесу синхронного руху збирального комплексу і вивантаження коренеклубнеплодів транспортером в конкретних умовах експлуатації збиральної машини.

Наявність системи автоматичної синхронізації руху на збиральній сільськогосподарській машині забезпечує зниження втрат сільськогосподарської продукції і забезпечення безпеки процесу вивантаження за рахунок синхронності руху збирального комплексу, а також забезпечує надійний захист секцій транспортера при роботі сільськогосподарської машини в автоматичному режимі. Поліпшує ергономічні показники і дозволяє механізатору більше уваги уділяти безпосередньому управлінню енергонасиченою машиною.

## Список використаних джерел

1. Пат. №109975 ГДР, МКИ А01В 69/00, 1974.
2. А.с. 818515 СССР Системы управления процессом перегрузки материала. /И.С. Нагорский, Д.Е. Бодилевский. (СССР). №2771071/30-15; Заявл. 28.05.79. Опубл. 07.04.81, Б.И.№13.
3. Лебедев А.Т., Поляшенко С.О., Поляшенко В.С. Модель завантаження кузова транспортного засобу транспортерами сільськогосподарських машин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії // Зб. наук. пр. Вип. 40 –Мелітополь, ТДАТА. – 2006



## **Аннотация**

### **УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕГРУЗКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ С УБОРОЧНОЙ МАШИНЫ В ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ЗА СЧЕТ СИНХРОНИЗАЦИИ ИХ ДВИЖЕНИЯ**

Кисель В.

*Получены дифференциальные уравнения движения секциями транспортера уборочной машины, и кузовом относительно машины для синхронного движения уборочного комплекса.*

## **Abstract**

### **IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF OVERLOAD OF KORNEKLUBNEPLODOV FROM A HARVESTER IN A TRANSPORT VEHICLE DUE TO SYNCHRONIZATION OF THEIR MOTION**

V. Kisel

*Differential equalizations of motion the sections of conveyer of harvester are got, and by a basket in relation to a machine for synchronous motion of harvest complex.*