

УДК 631.356.274.02.001

ЗАВАНТАЖЕННЯ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТРАНСПОРТЕРОМ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ

Поляшенко С. О., к.т.н., доц., Калінін Є. І., к.т.н., доц.

(Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. П. Василенка)

Одержана модель завантаження кузова транспортного засобу транспортерами сільськогосподарських машин, яка враховує мінімальні втрати коренеплодів, маневрування транспортного засобу, а також безпечну роботу збирального комплексу.

Вступ. В Україні цукровий буряк є однією з основних культур сільськогосподарського виробництва. Якість збирання цукрового буряку має важливе значення в технологічному процесі в зв'язку з необхідністю отримання високоякісної сировини для цукрової промисловості.

Аналіз публікацій. У технологічному процесі збирання цукрового буряку машинами КС-6В, РКС-6 висота вивантаження коренеплодів транспортером в кузов транспортного засобу складає в середньому 1,5 – 2,0 м. Падаючи з великої висоти, 15 – 20% коренеплодів пошкоджується. При цьому загальна маса коренеплодів знижується на 1,5 – 2,5% [1]. Під час зберігання пошкоджені коренеплоди в першу чергу загнивають, в результаті чого цукрова промисловість недобирає значну частину цукру з бурякової сировини. Інша частина коренеплодів, із-за порушення синхронності руху збирального комплексу, падає за межі кузова транспортного засобу та втрачається [2]. У роботах [3, 4] розглядаються фактори, які впливають на рух коренеплодів по транспортеру, а також алгоритм керування роботою робототехнічного комплексу, що дозволяє знизити втрати сировини.

Мета і постановка задачі. З метою зниження втрат коренеплодів цукрового буряку та зменшення його пошкодження при вивантаженні сировини в кузов транспортного засобу отримано модель його завантаження.

Розв'язання задачі. Визначення координат рівня коренеплодів у кузові виконаємо в дискретній постановці. Це дає можливість спростити розв'язання задачі. Похибкою дискретизації можна буде управляти зміною її кроку, що дозволить досягти будь-якої точності при відповідному збільшенні часу обчислень.

Для рішення задачі визначимо спочатку усереднену товщину шару Δh , який відповідає масі коренеплодів, що надходять на вивантажувальний транспортер. Її можна визначити виходячи з рівності маси тих коренеплодів, що надходять в машину в одиницю часу, та маси коренеплодів, які подаються вивантажувальним транспортером:

$$\Delta h = \frac{Y \cdot v_M \cdot B_M}{B_{TP} \cdot v_{TP} \cdot \gamma} \cdot \frac{10^{-5}}{3,6}, \text{ м} \quad (1)$$

де Y – врожайність коренеплодів, ц/га; B_M – ширина захоплення машини, м; v_M – робоча швидкість машини, км/ч; B_{TP} – ширина транспортера м; v_{TP} – швидкість транспортера, м/с; γ – насипна вага коренеплодів, м/м³.

Прийемо, що значення Δh є розміром елементарного куба, дискретизуючи масу коренеплодів. Припустимо, що маса коренеплодів сходять з транспортера через дискретні проміжки часу. Таким чином, з транспортера в певний момент часу:

$$t = t_{PP} + \Delta t, \quad (2)$$

де t_{PP} – попередній момент часу сходу, при якому одночасно сходять кількість $N_i = B_{TP} / \Delta h$ елементарних кубів (елементів маси), яке можна визначити округленням значення.

Прийемо, що переміщення кожного елементарного куба проходить незалежно один від одного. Після покидання транспортера куб летить до моменту зіткнення з масою коренеплодів, що знаходяться в кузові. Її об'єм представимо із суми елементарних кубів. Структура цього об'єму є сукупністю паралелепіпедів, основою яких є квадрат, розміри якого рівні розмірам елементарного куба. Контури квадратів основ утворюють сітку з незмінними координатами її вузлів. Крок цих координат рівний розмірам основи. Кількість вузлів сітки залежатиме від розмірів прямокутного днища кузова. У напрямі осей системи координат $OXYZ$, пов'язаної з кузовом (рис. 1), кількість вузлів отримаємо після округлення значень

$$\begin{aligned} i_{PP} &= B / \Delta h; \\ j_{PP} &= A / \Delta h, \end{aligned} \quad (3)$$

де A , B – розміри днища кузова.

Доцільно пронумерувати квадрати основ двозначним індексом i , j . Поточні значення номерів такі

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, 3, \dots, i_{PP}; \\ j &= 1, 2, 3, \dots, j_{PP}. \end{aligned} \quad (4)$$

Висота паралелепіпедів, що складаються з елементарних кубів, може бути різною і залежатиме від закону зміни розташування системи координат $O_1X_1Y_1Z_1$, пов'язаної з транспортером (рис. 1), відносно системи координат $OXYZ$. Тому додатково введемо номер, що визначає висоту кожного куба в паралелепіпеді. Позначимо цей номер буквою K . Він дорівнює

$$K = \frac{Z + \Delta \frac{h}{2}}{\Delta h} = Z + \frac{1}{2}, \quad (5)$$

де Z – апліката розташування центру маси куба в паралелепіпеді.

Таким чином, кожний куб характеризується індексами i , j , K . Під час розв'язання задачі визначення координат рівня коренеплодів припустимо, що

елементарний куб рухається у польоті як матеріальна точка. Орієнтацію осей куба приймемо незмінною і збіжною з орієнтацією осей $OXYZ$.

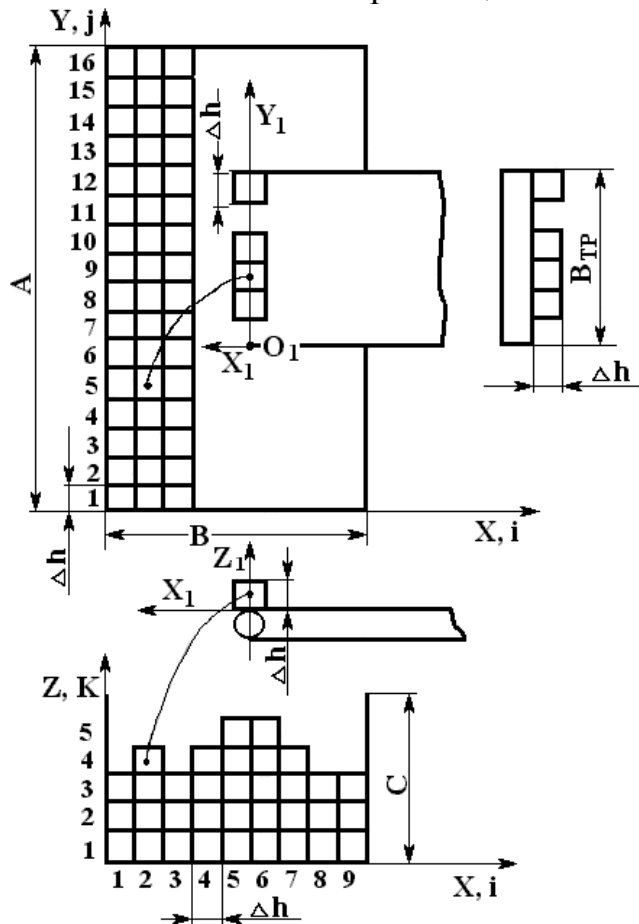


Рисунок 1 – Заповнення кузова транспортного засобу коренеплодами

У кожний момент часу польоту визначаємо координати X , Y , Z для середини основи елементарного куба. При досягненні, для певного набору значень X , Y , значення Z рівня відповідного паралелепіпеда, вважаємо, що відбувся контакт елементарного летючого куба з об'ємом коренеплодів, що знаходиться в бункері. При цьому набір значень X , Y летючого куба, як правило, не збігається з координатами середини основи паралелепіпеда, з яким відбудеться контакт. Тому приймемо таке правило. При попаданні середини основи елементарного куба всередину квадрата основи відповідного паралелепіпеда розмістимо центр основи елементарного куба по центру основи паралелепіпеда. При цьому має місце деяка похибка у визначенні положення опору, що компенсується спрощенням визначення подальших положень елементарного куба. Вказана похибка незначна, оскільки розміри елементарного куба невеликі. Аналогічну похибку припустимо також при визначенні висоти куба, яка досягає рівня коренеплодів, що знаходяться в кузові. Її наявність пов'язана з тим, що визначення координат центру нижньої площини летючого куба проводиться також дискретно через кожний крок обчислень, прийнятий при рішенні диференціальних рівнянь польоту куба.

Припустимо, що центр нижньої основи летючого куба в момент, відповідний закінченню кроку обчислень, потрапив всередину контуру основи

$i = 7$ і деякого j (рис. 2). Нижня основа летючого куба при цьому знаходиться нижче за рівень верхнього куба цього паралелепіпеда. Номер цього куба $(7, j, 6)$.

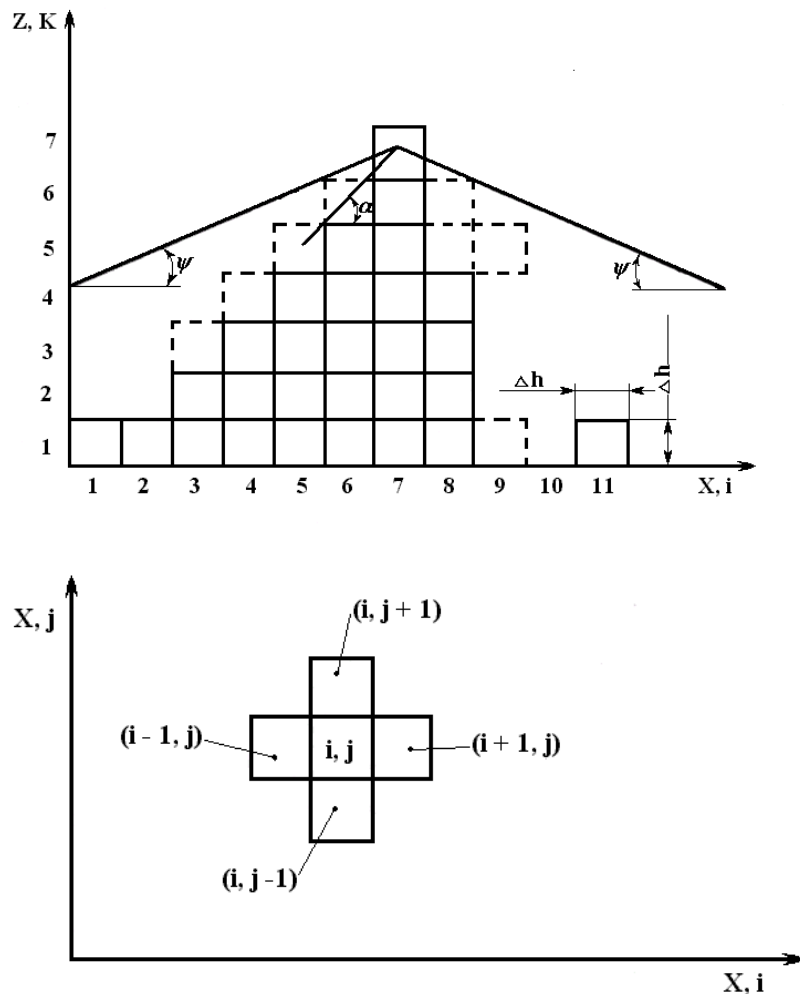


Рисунок 2 – Розміщення елементів об'єму в кузові транспортного засобу

Даний момент часу є моментом досягнення кубом рівня коренеплодів в кузові. Для спрощення визначення подальших положень коренеплоду приймемо, що у цей момент летючий куб розташовуватиметься зверху куба з номером $(7, j, 6)$, тобто матиме номер $(7, j, 7)$. Після цього необхідно перемістити куб в положення з максимально можливою висотою, якого він може досягти. При цьому приймемо, що куб може переміщатися тільки в напрямках, збіжних з напрямками осей X , Y . Таким чином, слід перевірити висоту сусідніх паралелепіпедів. Це паралелепіпеди з основами: $(8, j)$, $(6, j)$, $(7, j-1)$ та $(7, j+1)$.

Можливість переміщення куба в одне з сусідніх положень може бути реалізованою тільки у випадку, якщо в наступному положенні апліката центру куба не перевищуватиме відповідної висоти поверхні конусонахиленої до його основи на кут ψ , природного укосу насипу коренеплодів. Вважатимемо, що вершина цього конуса знаходиться в центрі куба $(7, j, 7)$, тобто того куба можливість переміщення якого розглядається. Наприклад, якщо необхідно

перевірити можливість переміщення куба $(7, j, 7)$ вліво (рис. 2), то це можливо тільки якщо верхній куб паралелепіпеда з основою $(6, j)$ займає положення з номером $K \leq 6$. Напрямом переміщення в наступне положення приймемо таким, який відповідає розташуванню того, з вказаних паралелепіпедів, що має якнайменшу висоту. При цьому спочатку переміщатимемо куб в більш низьке положення тільки на рівень, відмінний від початкового на величину Δh . Уявимо що, об'єм складається з кубів однакового розміру, тоді кут між положеннями сусідніх кубів дискретизації рівний $\alpha = 45^\circ$.

Після цього необхідно перевірити можливість вертикального переміщення куба. Якщо вона має місце, то необхідно перемістити куб вертикально вниз до досягнення ним місця під кубом, що змістився на перший крок від початкового положення. Цей випадок показаний на рис. 2. Припустимо, що на першому кроці куб $(7, j, 7)$ змістився вправо, тоді він займатиме положення $(8, j, 6)$, верхній куб паралелепіпеда, який знаходиться під ним, займає положення $(8, j, 4)$. У цьому випадку після вертикального переміщення куба $(8, j, 6)$ паралелепіпед матиме висоту, відповідну положенню куба $(8, j, 5)$. Для куба, що змістився вліво, можливість вертикального переміщення відсутня, оскільки куб $(6, j, 6)$ лежить на верхній основі паралелепіпеда, верхнім кубом якої, до зсуву куба $(7, j, 7)$ вліво, був куб $(6, j, 5)$.

Подальший зсув куба, який знаходиться на верхньому майданчику паралелепіпеда, повинен повторювати процедуру, що має місце для куба $(7, j, 7)$, який знаходився на верхньому майданчику паралелепіпеда з основою $(7, j)$. Аналогічно необхідно утворити конус, поверхня якого нахилена під кутом ψ . Вершина цього конуса тепер розташовуватиметься в центрі верхнього куба. Для розглянутих прикладів при переміщенні куба $(7, j, 7)$ вліво це буде центр куба $(6, j, 6)$, при зсуві вправо – центр куба $(8, j, 5)$.

Слід зазначити, що напрям зсуву куба може змінитися на кожному кроці переміщення, оскільки в кожному новому положенні необхідно перевіряти чотири можливі випадки зсуву. Причому в кожному з цих напрямів оцінюється можливість зсуву спершу на рівень, розташований нижче на величину Δh , потім можливість зсуву по вертикалі і лише з урахуванням останньої обставини визначається напрям можливого зсуву.

Якщо припустити, що зсув відбувається в одній площині, то при зсуві куба вліво кінцеве його положення буде $(2, j, 1)$, при зсуві вправо – $(9, j, 1)$. Послідовні положення, що мають місце при зсуві, для обох випадків показані на рис. 2 пунктирними лініями. При цьому, якщо не робити припущень про напрям зсуву куба, кінцевим слід вважати положення $(9, j, 1)$.

Таким чином, при переміщенні кубів мають місце зсуви двох видів – по укусу та вертикалі. У кожному новому положенні після визначення напрямку проводяться зсуви спершу по укусу на більш низький рівень, віддалений на величину Δh , після чого проводиться або вертикальне переміщення, або

подальший рух по укусу. У цьому випадку необхідно знову визначати напрям руху. Необхідно прийняти умови руху при зміні його напрямку.

Можливі два випадки зміни напрямку при продовженні руху по укусу за умови, що попередніми були такі рухи: по укусу або по вертикалі. В обох випадках приймемо, що при зміні напрямку руху швидкість куба при попередньому русі гасителя і подальший рух здійснюється з нульовою початковою швидкістю.

Якщо напрям руху не міняється, швидкість куба збільшуватиметься відповідно до характеру руху.

Для руху по вертикалі приймемо модель матеріальної точки. Для руху по укусу (під кутом 45°) приймемо дві моделі. Перша – ковзання матеріальної точки, друга – кочення круга.

Час, що пройшов від моменту зіткнення куба з об'ємом, який знаходиться в кузові, до моменту досягнення самої нижньої точки, що знаходиться в об'ємі від шляху можливого руху куба (назвемо його часом зупинки), можна визначити з урахуванням заданої ймовірності якої-небудь з моделей. Цей час дорівнює:

$$t_0 = t_S + t_{СК} P_{СК} + t_{КЧ} P_{КЧ}, \quad (6)$$

де t_S – сумарний час руху по вертикалі; $t_{СК}$ – сумарний час руху куба як ковзаючої матеріальної точки; $t_{КЧ}$ – те ж для моделі кочення; $P_{СК}$ та $P_{КЧ}$ – задані ймовірності моделей.

Очевидно, що:

$$P_{СК} + P_{КЧ} = 1. \quad (7)$$

При завданні $P_{СК} = 0$ отримаємо нижню оцінку t_0 , при $P_{КЧ} = 0$ – верхню, оскільки очевидно, що кочення здійснюється з набагато більшою швидкістю.

Склавши час $t_{П}$ (час польоту), від моменту початку польоту (моменту сходу куба зі стрічки транспортера) до моменту зіткнення куба з об'ємом, що знаходиться в кузові, з часом t_0 знайдемо час t_3 запізнювання розміщення куба порівняно з моментом сходу з вивантажувального транспортера.

$$t_3 = t_{П} + t_0. \quad (8)$$

Знайдемо час запізнювання для кожного куба, що сходять з транспортера. Приймемо, що кожний куб розміщується незалежно, момент початку сходу з транспортера для кожного куба, що належить одночасно викидуваній транспортером порції, приймемо однаковим. Таким чином, для кожного куба, що належить порції, буде отримано своє значення часу запізнювання. Усереднивши цей набір, отримаємо середній час запізнювання порції, одночасно викидуваній транспортером \bar{t}_3 . Знаючи час викидання, час запізнювання і координати висот всіх паралелепіпедів, що розміщуються в кузові, можна знайти об'єм і вид поверхні для масиву кубів, що розміщуються в кузові в певний момент часу.

Висновки. Отримана модель завантаження може використовуватися для розробки системи автоматичного управління синхронним рухом збирального комплексу.

Розроблено алгоритм обчислень на ЕОМ, який враховує мінімальні втрати коренеплодів, маневрування транспортного засобу, а також безпечну роботу збирального комплексу.

Список літератури

1. Справочник по эксплуатации свеклоуборочных комплексов /А.М. Мазуренко, И.И. Русанов, В.И. Сухомлин и др.; Под ред. А.М. Мазуренко. – К.: Урожай, 1984. – 128 с.
2. Поляшенко С.А. Возмущающие воздействия технологического процесса уборки корнеплодов сахарной свеклы при погрузке их транспортером корнеуборочной машины / Тракторная энергетика в растениеводстве // Сб. науч. тр. – Харьков, ХГТУСХ, 1998. – 332 с.
3. Поляшенко С.О., Роляк О.А. Вплив швидкості полотна транспортера бурякозбиральних машин на пошкодження і розсівання коренеплодів// Зб. наук. пр. Механізація с-г виробництва Вип. № 29–30 –Луцьк - 2013 с. 202-211.
4. Лебедев А.Т., Поляшенко С.О., Система автоматичного керування вивантажувальним транспортером коренеклубнезбиральної машини, Декл. пат. № 71849А Україна, МКИ А01В69/00, № 20031213156; Заявлено 30.12.2003; Опубл. 15.12.2004, Бюл. № 12.
5. Никитин С.Н., Щербаков Ю.И., Никульцев Ю.С. Алгоритмы управления и стабилизации робототехнического комплекса уборки картофеля/ Автоматизация технологических процессов в полеводстве// Сб. науч. тр. –М.: ВИМ, 1985. – 223 с.
6. Корчмарь И.Б., Поляшенко С.А., Лебедев С.А., Устройство автоматического управления процессом загрузки кузова транспортного средства И.Б. Корчмарь, Поляшенко С.А., С.А. Лебедев, Пат. № 19940 Россия, МКИ А01В 69/00 "№ 4938674/15; Заявлено 24.03.91; Опубл. 30.09.94, Бюл. № 18.

Аннотация

Загрузка кузова транспортного средства транспортером мобильной сельскохозяйственной машины

Поляшенко С. А., Калинин Е. И

Получена модель загрузки кузова транспортного средства транспортерами сельскохозяйственных машин, которая учитывает минимальные потери корнеплодов, маневрирование транспортного средства, а также безопасную работу уборочного комплекса.

Abstract

Download the vehicle body conveyor mobile agricultural machine

S. Polyashenko, Y. Kalinin

The got model of load basket of vehicle transport by the conveyers of agricultural machines, which takes into account the minimum losses of root crops, manoeuvring of vehicle transport, and also safe work collective complex.