

УДК 631.3:669.539

В. Костюк, канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ПАРАМЕТРІВ БУНКЕРА НАГРОМАДЖЕННЯ БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

На основі аналізу технологічного процесу збирання цукрових буряків коренезбиральними машинами і комбайнами з різними способами вивантаження коренів обґрунтовано конструкцію і проведено розрахунок оптимальних параметрів нагромаджувального бункера для вивантаження і формування кагатів без зупинки агрегату

Бурякозбиральна техніка випускається вітчизняною та зарубіжною промисловістю як з бункерами нагромадження коренів, так і без них [1]. Недоліками безбункерної техніки є необхідність в додатковому транспорті, втрата коренів внаслідок неузгодженості швидкостей збирального і транспортного агрегатів при їхній роботі на ґрунтах з підвищеною вологістю і горбистому рельєфі, а також втрати при довантажуванні транспортних засобів [2]. Бункерні комбайни можуть мати бункери з вивантаженням транспортером, або із саморозвантаженням в кагат шляхом перекидання бункера. Застосування бункерів останнього типу більш доцільне з точки зору енергетичних затрат та надійності конструкції. Проте вивантаження коренів в кагат потребує зупинки агрегату, що призводить до втрати 15-20 кг коренів між викопуючими дисками і системою транспортування й очистки, а також до зниження продуктивності агрегату за рахунок зупинок.

Враховуючи це, а також виходячи із природнокліматичних умов більшості регіонів України, можна зробити висновок, що найбільш доцільно використовувати бункери з вивантаженням перекидним методом без зупинки агрегату. Тому пропонується конструкція бункера, який може обертатися навколо осі, що кріпиться до корпусу коренезбиральної машини позаду осі коліс самої машини і паралельна до неї (див. рис.1).

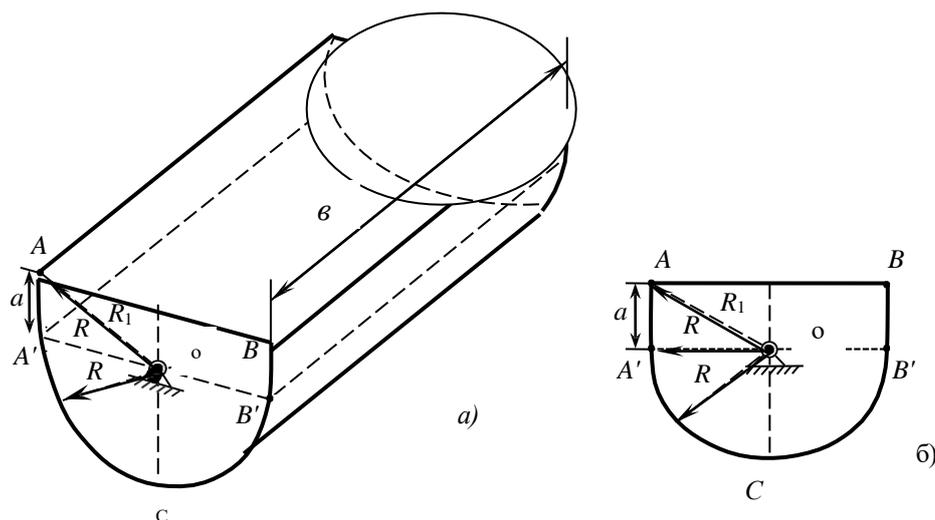


Рис.1. Схема бункера

Для простоти будемо вважати, що поперечний переріз бункера має форму півкола радіуса R ($A'SB'$ на рис.1а) з продовженням прямокутної форми $A'ABB'$ висотою a . При $a=0$ переріз має форму півкола. Об'єм бункера можна регулювати параметрами R, a і шириною b . Відстань від верхньої кромки бункера до його осі обертання

потрібно вибрати таким чином, щоби вісь обертання проходила через центр ваги навантаженого бункера. Якщо прийняти $a = \sqrt{2/3}R$, то центр ваги площі поперечного перерізу лежить на лінії $A'B'$. Тоді відстань до осі обертання найвіддаленішої від неї точки складає

$$AO = R_1 = \sqrt{5/3}R \approx 1.3R. \quad (1)$$

Отже, якщо через h позначити висоту встановлення осі бункера на корпусі комбайна (рис.2), то повинна виконуватися така умова

$$h > 1.3R. \quad (2)$$

Вивантаження коренів здійснюється шляхом обертання бункера навколо своєї осі обертання в напрямку руху комбайна. При цьому важливо знайти такий закон обертального руху бункера навколо своєї осі обертання, який би дозволяв формувати кагати заданих розмірів. Формально процес вивантаження бункера можна задати як деяку послідовність його положень 0-5.

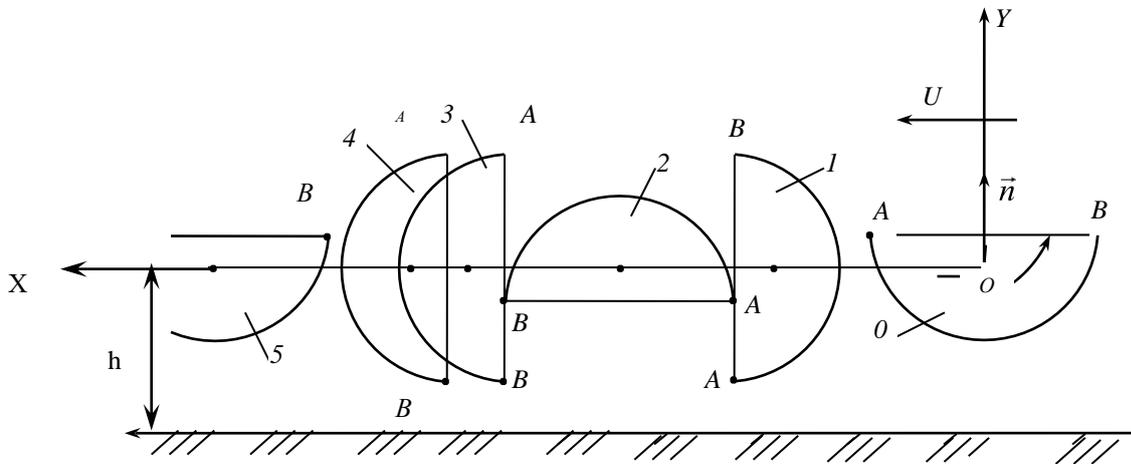


Рис.2. Послідовність вивантаження бункера

Припустимо, що комбайн рухається з постійною швидкістю U і повністю навантажений бункер займає положення 0. Повертаючись за деяким законом, бункер займе положення 1, починаючи з якого здійснюється вивантаження коренів. Зауважимо, що положення 1 не обов'язково повинно бути таким, як показано на рисунку (вектор \vec{n} направлений горизонтально), а може задаватися довільним кутом вектора \vec{n} з вертикальною віссю Y . Процес вивантаження закінчується, коли бункер займе положення 3 (яке теж може задаватися іншим, ніж показано на рисунку). Повернення бункера у вихідне положення 5 може здійснюватися через проміжне положення 4, якщо передбачити затримку обертання бункера на деякий час.

Якщо ставиться вимога формування кагатів мінімальних розмірів, то природнім є забезпечення такого закону обертання бункера, при якому в процесі його переміщення з положення 1 в положення 2 точка A не переміщалась би відносно землі в горизонтальному напрямку. При переміщенні з положення 2 в положення 3 аналогічна умова ставиться для точки B .

Нехай положення 1 задається деяким кутом ϕ_1 між вектором \vec{n} і вертикальною віссю Y (рис.3). Знайдемо закон руху бункера з положення 1 в положення 2 (рис 2). Позначимо через α - кут між вектором \vec{n} і відрізком AO , що з'єднує крайню точку бункера з віссю обертання. Знайдемо абсолютну швидкість точки A , яка перебуває в складному русі

$$\vec{v}_A = \vec{v}_A^{(e)} + \vec{v}_A^{(r)} \quad (3)$$

Якщо прийняти, що положенню 3 відповідає $\varphi = 3\pi/2$, як це показано на рис.2, то бункер займе це положення при $t = t_{13}$, яке знаходиться за формулою

$$t_{13} = t_{12} + \frac{R_1}{U} (\sin\alpha + \cos\alpha). \quad (14)$$

На рисунках 4-7 наведені графіки залежностей кута повороту, кутової швидкості і проекції на вісь X абсолютної швидкості точки B від часу для цього періоду, коли проекція на цю ж вісь абсолютної швидкості точки A залишається рівною нулю, тобто $0 \leq t \leq t_{12}$. Обчислення проводились при $U = 3 \text{ м/с}$, $R_1 = 1 \text{ м}$.

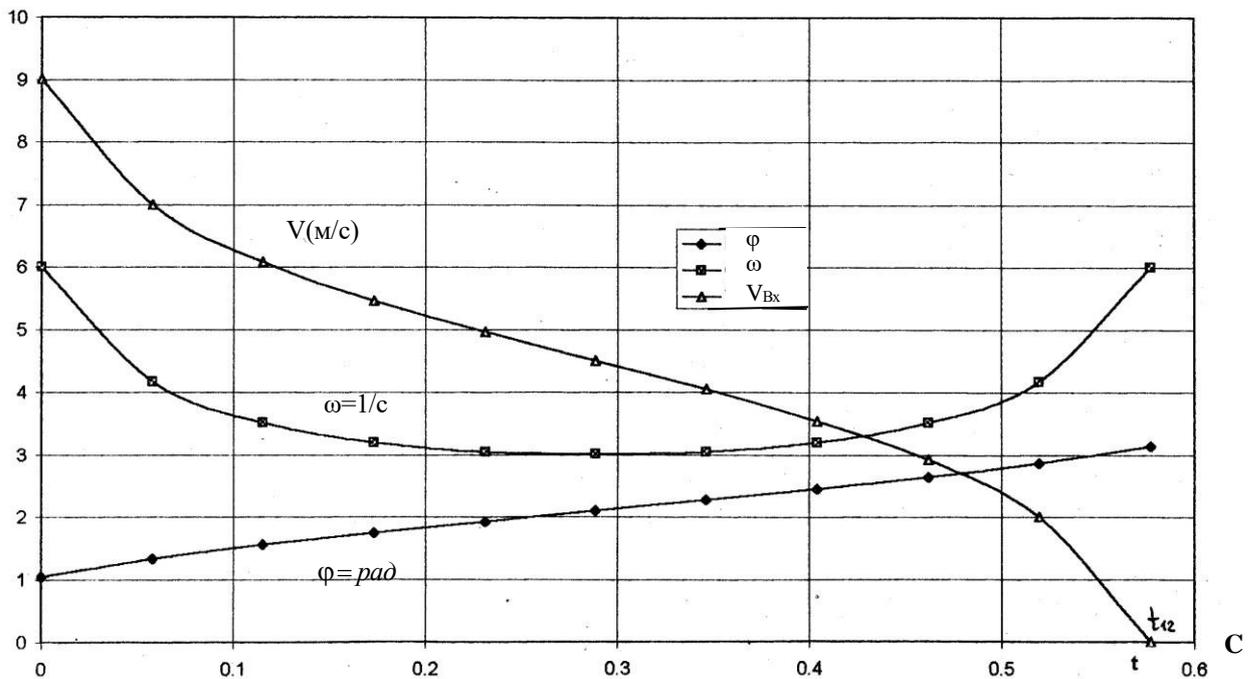


Рис.4. Залежності $\varphi(t)$, $\omega(t)$, $v_{Bx}(t)$ при $\alpha=60^\circ$, $\varphi_1=60^\circ$

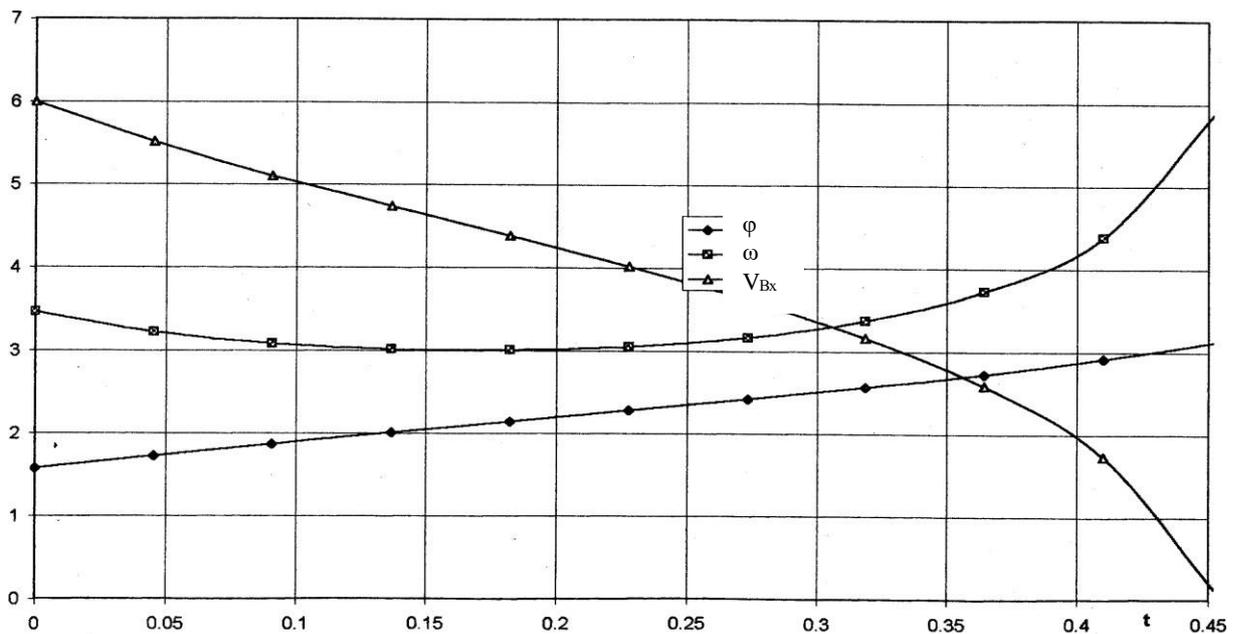


Рис.5. Залежності $\varphi(t)$, $\omega(t)$, $v_{Bx}(t)$ при $\alpha=60^\circ$, $\varphi_1=90^\circ$

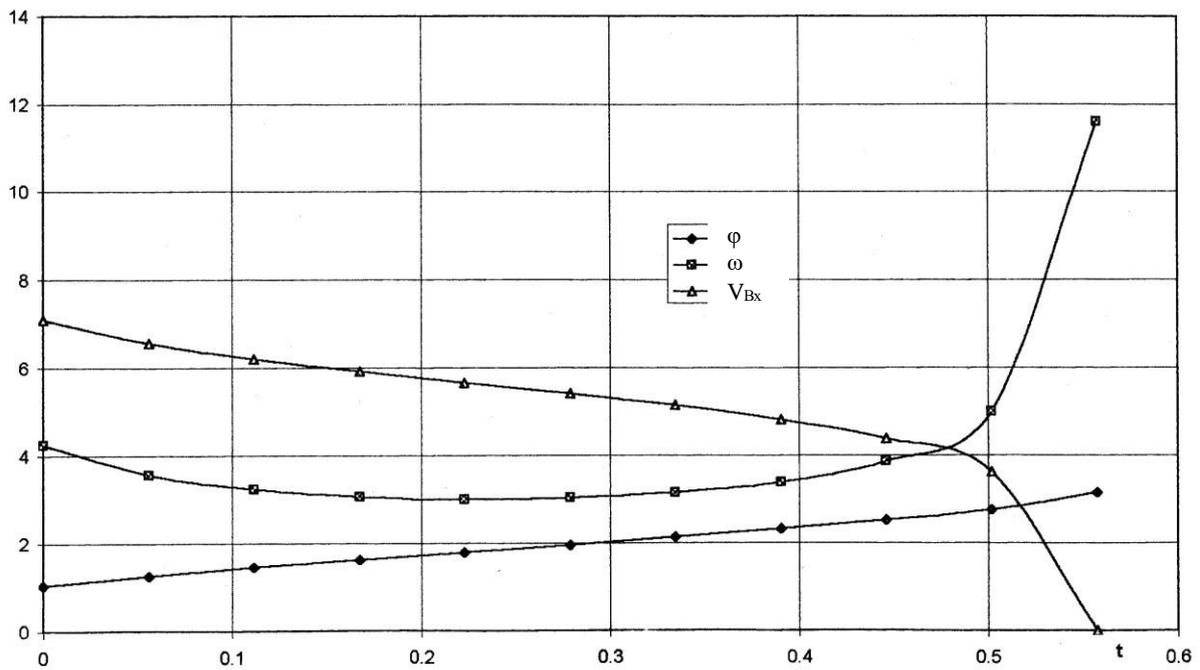


Рис.6. Залежності $\varphi(t)$, $\omega(t)$, $v_{Bx}(t)$ при $\alpha=75^\circ$, $\varphi_1=60^\circ$

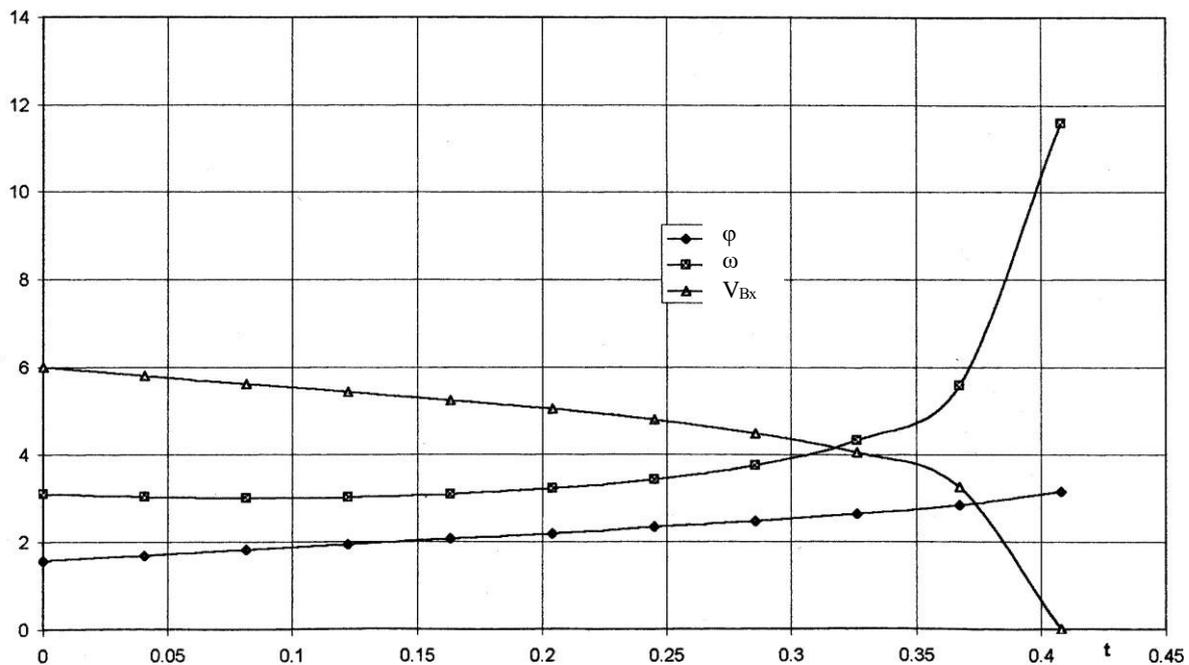
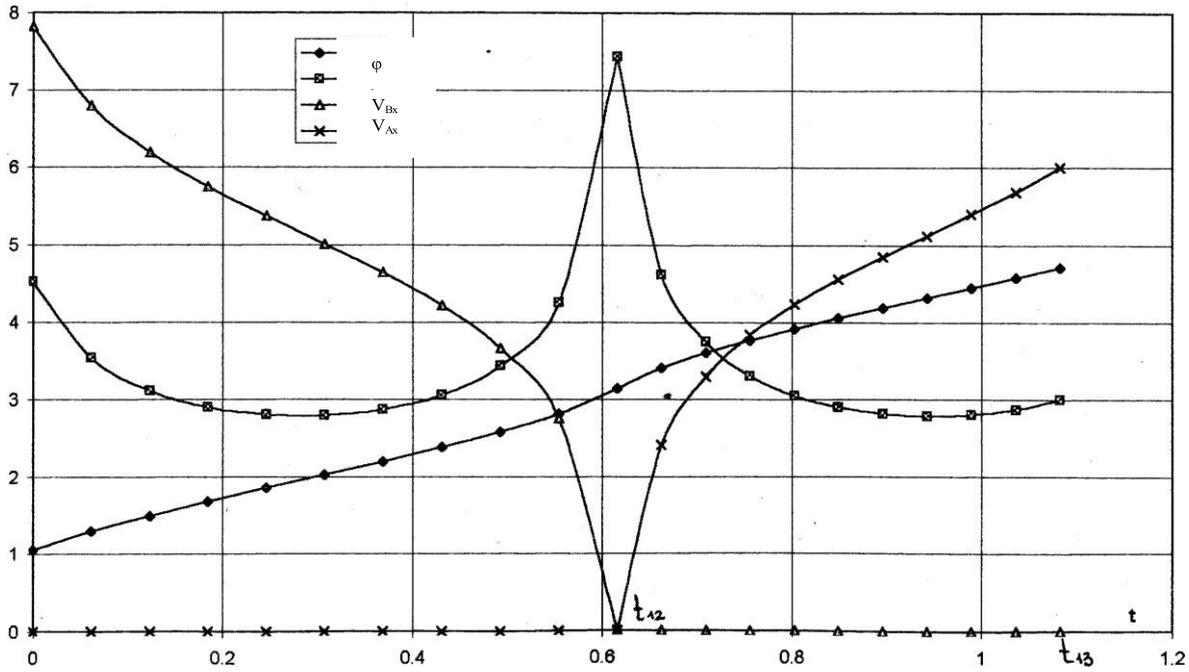


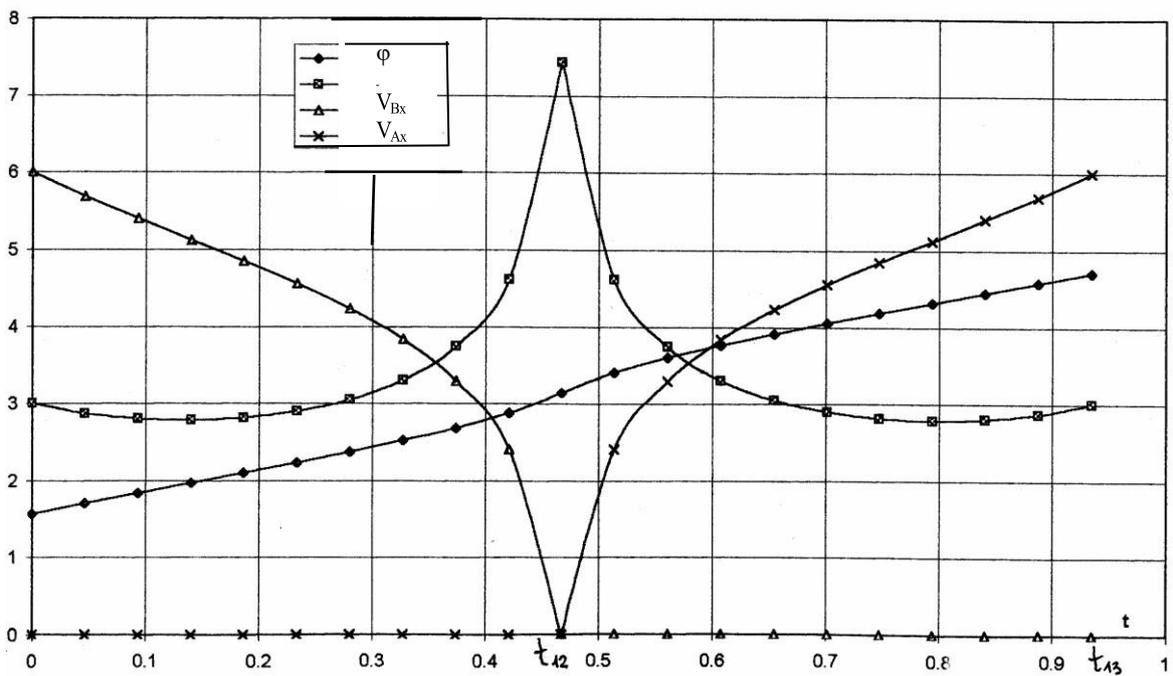
Рис.7. Залежності $\varphi(t)$, $\omega(t)$, $v_{Bx}(t)$ при $\alpha=75^\circ$, $\varphi_1=90^\circ$

Графіки побудовані для різних значень геометричного параметра α і різних значень параметра φ_1 , яким визначається положення бункера в початковий момент часу. Аналіз результатів показує, що збільшення α при одному і тому ж значенні φ_1 веде до зменшення кутової швидкості в початковий момент часу і її збільшення в кінцевий момент. Збільшення кута φ_1 при одному і тому ж значенні α приводить до зменшення початкової кутової швидкості.

Аналогічні графіки, а також залежність $v_{Ax}(t)$ для періоду $0 \leq t \leq t_{13}$ при різних значеннях φ_1 і $\alpha = 68^\circ$ показані на рис.8.



a)



б)

Рис.8. Залежності $\varphi(t)$, $\omega(t)$, $V_{Ax}(t)$, $V_{Bx}(t)$ при $\alpha = 68^\circ$ а) $\varphi_1 = 60^\circ$, б) $\varphi_1 = 90^\circ$

На відрізку $0 \leq t \leq t_{12}$ горизонтальна складова абсолютної швидкості т. А дорівнює нулю, а на відрізку $t_{12} \leq t \leq t_{13}$ – рівна нулю така ж складова абсолютної швидкості т. В. В точці $t = t_{12}$ кутова швидкість відносного обертання неперервна, але кутове прискорення виконується з розривом.

На початковому відрізку (перехід з положення 0 в положення 1) і кінцевому (перехід з положення 4 в положення 5) закон руху може бути знайдений, виходячи з різних міркувань. Наприклад, якщо на початковому відрізку закон руху шукати з умови

мінімізації динамічних навантажень, то достатньо припустити, що кутове прискорення змінюється за лінійним законом:

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = at + b. \tag{15}$$

Тоді, інтегруючи рівняння (15) при умовах

$$\varphi = 0, \omega = 0 \text{ при } t = 0, \tag{16}$$

знайдемо:

$$\omega = \frac{at^2}{2} + bt, \quad \varphi = \frac{at^3}{6} + \frac{bt^2}{2}. \tag{17}$$

Постійні a, b і час t_{01} переходу з положення 0 в положення 1 будемо шукати з умови неперервності при $t = t_{01}$ кута повороту, кутової швидкості і кутового прискорення.

Після елементарних перетворень знайдемо:

$$t_{01} = \frac{2 - \sqrt{4 - 6\varphi_1 t(\varphi_1 + \alpha)}}{\omega_1 t(\varphi_1 + \alpha)}; \tag{18}$$

$$\varphi = \frac{\omega_1 t^2}{t} \left[1 - \frac{t}{3t_{01}} - \omega_1 t_{01} \operatorname{tg}(\varphi_1 + \alpha) \left(\frac{1}{2} - \frac{t}{3t_{01}} \right) \right]; \tag{19}$$

$$\omega = \frac{\omega_1 t}{t_{01}} \left[\omega_1 t_{01} \operatorname{tg}(\varphi_1 + \alpha) \left(\frac{t}{t_{01}} - 1 \right) - \left(\frac{t}{t_{01}} - 2 \right) \right], \tag{20}$$

де через ω_1 позначено кутову швидкість відносного обертання бункера в положенні 1.

Для прикладу на рис.9 приведено закон зміни кутової швидкості відносного обертання бункера з врахуванням початкового відрізка часу.

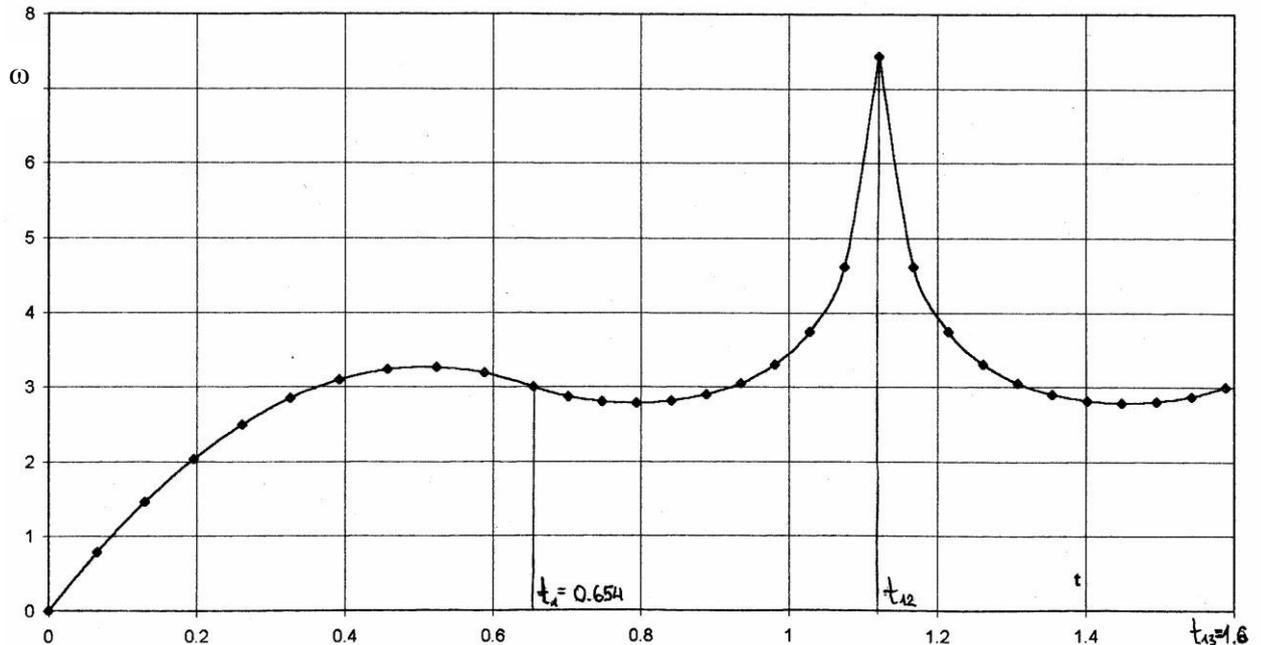


Рис.9. Залежність $\omega(t)$ при $\alpha = 68^\circ, \varphi_1 = 90^\circ$

Аналогічним чином можна знайти закон руху для кінцевого відрізка часу.

Висновки. В статті обґрунтовано конструкцію бункера-ротора, що є актуальним для підвищення продуктивності праці, зниження експлуатаційної маси машини. Встановлено закон обертання бункера, який дозволяє формувати кагати заданих розмірів.

This article deals with the bunker-rotor's construction which is very actual for raising the productivity of labour and lowering the operational mass machine. The law of bunker's rotation is determined which allows to form banks of the given dimensions.

Література

1. Л.В.Сисолін, Т.І.Рибак, В.М.Сало. Сільськогосподарські машини. Ч.2. — Київ: Урожай, 2002. — 360 с.
2. Г.Е. Листопад. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — Москва: Агропромиздат, 1988. — 430 с.

Одержано 29.08.2004 р.