

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 обробіткою 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 обчисованого пристрою, м;

k – коефіцієнт, що враховує зміст незернових компонентів в обчисованому 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 $\int dS = S$, отримуємо:

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

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. *Леженкин О. М.* Стійкість руху причіпного збирального агрегату очісуючого типу / *О. М. Леженкин* // 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 международной академии аграрного образования. – 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.