



ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ СЕМЯН В СЕМЕННОМ ЯЩИКЕ СЕЯЛКИ

В статье представлен вывод закона изменения массы семян в семенном ящике сеялки при движении посевного агрегата. Приведены уравнения времени и длины гона, в конце которого необходимо заправить сеялки семенами.

Ключевые слова: сеялка, изменение массы, секундный высев, длина пути (гона), время.

V.V. Li

SEED WEIGHT CHANGE RULE IN A SEEDER SEED BOX

Rule making of the seed weight change in a seeder seed box in the process of the sowing unit motion is given in the article. Run time and length equations in the end of which it is necessary to fill seeders with seeds are given.

Key words: seeder, weight change, second sowing, route (run) length, time.

Введение. В классической механике Ньютона масса тела рассматривалась только как постоянная величина. Однако встречаются случаи движения тел, масса которых за время движения изменяется. Можно привести много примеров, где масса тела изменяется в процессе движения. Например, масса вращающегося веретена, на которое наматывается нить, изменяется в процессе движения. То же самое происходит и с рулоном газетной бумаги, и с тросом, которые наматываются на бобину. Изменяется также масса летящей ракеты, самолета вследствие сгорания топлива. В сельском хозяйстве это, например, посевные, посадочные агрегаты, агрегаты для разбрасывания удобрений и т.д., масса которых изменяется вследствие высева, посадки семенного материала или разброса удобрений.

Систему (тело), масса которой непрерывно изменяется в результате непрерывного присоединения к ней или отделения от нее частиц, принято называть системой (телом) переменной массы.

Если основная и отделяемые точки рассматриваются как единая система, то силы взаимодействия между ними являются для этой системы внутренними силами и масса системы не изменяется, оставаясь за все время движения постоянной.

Из этого следует, что к такой системе можно применить теоремы динамики системы постоянной массы [4, 6 и др.].

Цель и задачи исследования. Установить теоретически и проверить экспериментально закономерности изменения секундного высева и массы семян в семенном ящике сеялки СЗ-3,6 в зависимости от длины рабочей части катушки.

Методика исследования. Секундный высев и изменение массы семян в семенном ящике определяли на сеялке СЗ-3,6 при поднятом одном опорно-приводном колесе. Были изготовлены коробочки, которые подставляли под каждый высевающий аппарат, а также коробочки для определения объемного веса зерна пшеницы. У последних были измерены внутренние размеры: длина, ширина, высота, – и подсчитан объем. Засыпанные в коробочки семена, ровно по верхним краям, высыпались на весы ВЛТК-500 и взвешивались. Путем деления массы семян в коробочках на их объем определяли объемный вес семян пшеницы.

При определении секундного высева в зависимости от длины рабочей части катушки сначала устанавливали передаточное отношение i от опорно-приводного колеса к валу высевающих аппаратов, равное 0,616, путем перестановки шестерен в редукторе по схеме на планшете сеялки. Установив определенную длину рабочей части катушки и полностью засыпав семенами семенной ящик (326,16 кг), вращали колесо сеялки с частотой 1 с^{-1} (десять оборотов) при фиксированном значении толщины активного слоя $C = 0,008 \text{ м}$. Высеванные за 10 с семена взвешивали на весах ВЛТК-500. Время засекали секундомером. Длину рабочей

части катушки изменяли от 0,010 до 0,034 м через каждые 0,002 м. Затем эти эксперименты повторили с передаточным отношением $i = 0,428$.

Изменение массы семян в семенном ящике сеялки $m_c(t)$ при каждом эксперименте определяли вычитанием высеянной массы от общей (326,16 кг).

Так как эксперименты проводили на одной половине сеялки без учета скольжения колес при одном приподнятом колесе в трехкратной повторности, то при обработке полученных данных результат удваивался и определялось среднее значение.

Результаты исследования. Рассмотрим стационарную механическую систему, состоящую из семенного ящика сеялки с высевающими аппаратами, заполненного семенами и вращающимся валом с катушками (рис.1). Данная механическая система состоит из двух точек: основной – изменяющаяся масса семян в ящике $m_c(t)$ и отделяемой элементарной частицы – высев $dm_c(t)$.

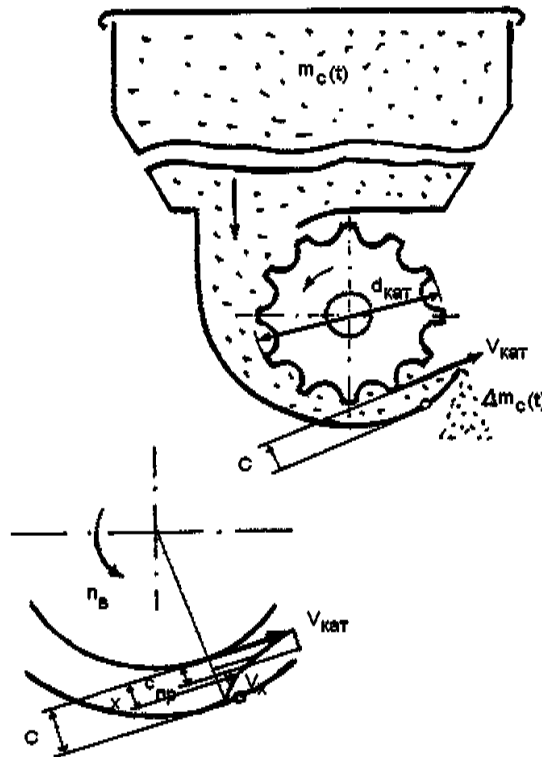


Рис. 1. Схема работы катушечного высевающего аппарата

Составим уравнение изменения массы семян в семенном ящике сеялки.

Начальные условия:

$$\text{при } t = 0 \quad m_c(t) = m_0,$$

где t – время, с;

$m_0 = U_{я} \gamma$ – масса семян в полностью заполненном ящике, кг;

$U_{я}$ – емкость семенного ящика, м³ ($U_{я} = 453 \text{ дм}^3 = 0,453 \text{ м}^3$ [5]);

γ – объемный вес семян пшеницы, кг/м³.

При $t = 0$ масса семян m_0 в ящике есть величина постоянная.

Пусть масса семян в ящике сеялки есть функция $f(t)$, и в ящике находится масса семян:

$$\begin{aligned} \text{в момент } t - & m_c(t), \\ \text{в момент } t + \Delta t - & m_c(t) - \Delta m_c(t), \end{aligned}$$

т.е. в этот момент от основной массы отделилась элементарная частица с массой $\Delta m_c(t)$ (произошел высев).

Тогда приращение функции будет

$$\Delta y = [m_c(t) - \Delta m_c(t)] - m_c(t) = - \Delta m_c(t). \quad (1)$$

Знак “ - ” показывает, что идет процесс уменьшения массы.

Деля обе части равенства (1) на Δt и переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, получим

$$f'(t) = \frac{\Delta f(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{-\Delta m_c(t)}{\Delta t} = \left| -\frac{dm_c(t)}{dt} \right| = q_{cc}, \quad (2)$$

где q_{cc} – секундный высев семян (масса семян, отделившаяся от основной массы за единицу времени), кг/с.

Секундный высев семян одним высевальным аппаратом из активного слоя С (рис.1) равен:

$$q_{cc} = C_{пр} V_{кат} \ell_p \gamma,$$

а k аппаратами

$$q_{cc} = C_{пр} V_{кат} \ell_p \gamma k, \quad (3)$$

где $V_{кат}$ – линейная скорость катушки, м/с;

ℓ_p – длина рабочей части катушки, м;

k – количество комплектов рабочих органов у одной сеялки (высевальных аппаратов, дискозубовых рабочих органов [1, 2], сошников, прикатывающих катков), шт.;

$C_{пр}$ – приведенная толщина активного слоя, м.

Закономерность изменения скорости V_x (рис.1) движения семян в активном слое в первом приближении может быть выражена зависимостью [7]

$$V_x = V_{кат} \left(1 - \frac{x}{c}\right)^{n_{cm}}, \quad (4)$$

где c – толщина активного слоя, м;

n_{cm} – показатель степени, определяемый опытным путем (для пшеницы $n_{cm} = 2,6$ [3]);

x – независимая переменная функции $V_x = f(x)$.

Из выражения (4) и рисунка 1

$$V_{кат} = \int_0^c \left(1 - \frac{x}{c}\right)^{n_{cm}} dx = C_{пр} V_{кат}.$$

Откуда

$$C_{пр} = \frac{c}{n_{cm} + 1}. \quad (5)$$

Передаточное отношение i от опорно-приводных (ходовых) колес к валу высевальных аппаратов определяется выражением

$$i = \frac{n_e}{n_{кол}}.$$

Откуда

$$n_e = i n_{кол}, \quad (6)$$

где n_e – частота оборотов вала высевальных аппаратов, с⁻¹;

$n_{кол}$ – частота оборотов опорно-приводных колес сеялки, с⁻¹.

Учитывая, что частота оборотов опорно-приводных колес имеет единицу измерения с⁻¹, найдем линейную скорость катушки (м/с)

$$V_{кат} = \omega_{кат} \frac{d_{кат}}{2} = \frac{2 \pi n_{кат} d_{кат}}{2} = \pi n_{кат} d_{кат},$$

или с учетом (6) $n_{кат} = n_e$ и скольжения колес (м/с)

$$V_{кат} = \pi d_{кат} n_{кол} i (1 - \varepsilon), \quad (7)$$

где ε – коэффициент скольжения колес по почве (для зерновых сеялок $\varepsilon = 0.03 \dots 0,1$ [3]);

$d_{кат}$ – диаметр катушки, м (для зерновых сеялок $d_{кат} = 0,05$ м [3]).

Подставляя выражения (5) и (7) в (3), а выражение (3) в (2), будем иметь

$$\frac{dm_c(t)}{dt} = - \frac{\pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c \gamma k}{(n_{см} + 1)} \quad (8)$$

Умножив обе части уравнения (8) на dt и интегрируя, получим

$$m_c(t) = - \frac{\pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c \gamma k}{(n_{см} + 1)} t + \bar{c}, \quad (9)$$

где \bar{c} – постоянная интегрирования.

При начальных условиях: $t = 0, m_c(t) = m_0$ – найдем

$$\bar{c} = m_0. \quad (10)$$

Масса семян в ящике m_0 в начальный момент времени есть емкость (вместимость) семенного ящика, выраженная в килограммах (кг). Тогда рабочая емкость (объем) семенного ящика, с учетом коэффициента использования вместимости емкости $\eta_{я}$ ($\eta_{я} = 0,85 \dots 0,9$ [3]), будет $m_0 \eta_{я}$.

Подставляя выражение (10) в (9) с учетом $\eta_{я}$, окончательно получим

$$m_c(t) = m_0 \eta_{я} - \frac{\pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c \gamma k}{(n_{см} + 1)} t \quad (11)$$

или

$$m_c(t) = m_0 \eta_{я} - q_{сс} t,$$

где $q_{сс} = \frac{\pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c \gamma k}{(n_{см} + 1)}$ – секундный высев семян, кг/с.

Из выражения (11) можно найти время t , за которое будут высеяны все семена, т. е. когда $m_c(t) = 0$

$$t = \frac{m_0 \eta_{я} (n_{см} + 1)}{\pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c \gamma k}, \quad (12)$$

а также длину пути (гона), на котором будут высеяны эти семена, т. е.

$$L_e = V_a t,$$

где V_a – скорость посевного агрегата, м/с,

или с учетом выражения (12)

$$L_e = \frac{V_a m_0 \eta_{я} (n_{см} + 1)}{\pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c \gamma k}. \quad (13)$$

Во время работы посевного агрегата в конце пути (гона) должен оставаться запас семян в ящике не менее 10...15 % [7] его емкости. Поэтому

$$m_{оф} = \frac{m_0}{1,1 \dots 1,15}, \quad (14)$$

где $m_{оф}$ – фактически высеваемая масса семян из семенного ящика, кг.

Подставляя выражение (14) в (12) и (13), окончательно получим

$$t = \frac{m_0 \eta_{я} (n_{см} + 1) 60}{(1,1 \dots 1,15) \gamma \pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c k} \quad (15)$$

и

$$L_e = \frac{V_a m_0 \eta_{я} (n_{см} + 1) 60}{(1,1 \dots 1,15) \gamma \pi d_{кам} n_{кол} i (1-\varepsilon) \ell_p c k}. \quad (16)$$

На рис. 2 и 3 представлены изменения секундного высева и массы семян в семенном ящике сеялки СЗ-3,6 в зависимости от длины рабочей части катушки.

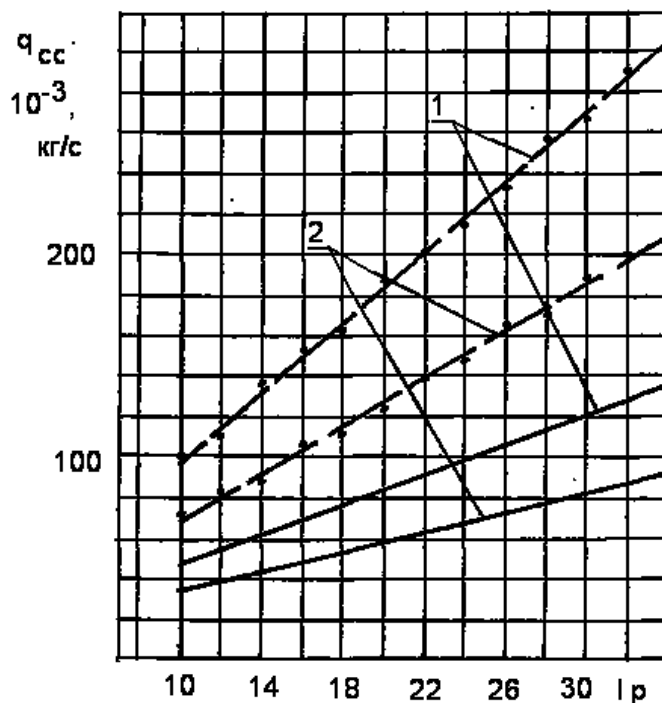


Рис. 2. Зависимость секундного высева семян от длины рабочей части катушки сеялки СЗ-3,6:
 1 – $i = 0,616$; 2 – $i = 0,428$; $d_{кат} = 0,05$ м; $\varepsilon = 0$ (без учета скольжения колес); $n_{кол} = 1$ с⁻¹; $C = 0,008$ м; $\gamma = 800$ кг/м³; $k = 24$; $n_{см} = 2,6$.
 _____ теоретическая, - - - - экспериментальная

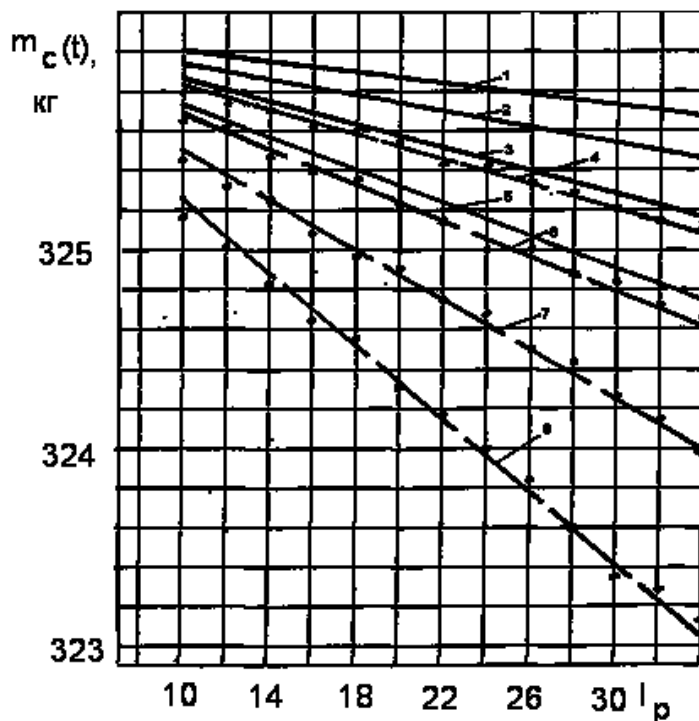


Рис. 3. Зависимость изменения массы семян в семенном ящике сеялки СЗ-3,6 от длины рабочей части катушки:
 1 – $i = 0,428$, $t = 5$ с; 2 – $i = 0,616$, $t = 5$ с; 3 – $i = 0,428$, $t = 10$ с; 4 – $i = 0,428$, $t = 5$ с; 5 – $i = 0,616$, $t = 10$ с; 6 – $i = 0,616$, $t = 5$ с; 7 – $i = 0,428$, $t = 10$ с; 8 – $i = 0,616$, $t = 10$ с; $m_0 = 362,4$ кг; $\eta_{я} = 0,9$; $d_{кат} = 0,05$ м; $\varepsilon = 0$ (без учета скольжения колес); $n_{кол} = 1$ с⁻¹; $C = 0,008$ м; $\gamma = 800$ кг/м³; $k = 24$; $n_{см} = 2,6$.
 _____ теоретическая, - - - - экспериментальная

Таким образом, выражение (11) устанавливает теоретическую закономерность изменения массы семян в семенном ящике сеялки. Получены выражения (15) – (16), по которым можно определить время t , в течение которого будет высеяна фактическая масса $m_{\text{оф}}$ семян, длину пути (гона) L_z , в конце которого необходимо заправить сеялку (ки) семенами.

Секундный высев и изменение массы семян зависят от основных конструктивных параметров высевающего аппарата: $d_{\text{кат}}$; ℓ_p ; C . С увеличением длины рабочей части катушки секундный высев увеличивается, а масса семян в семенном ящике сеялки СЗ-3,6 уменьшается по прямолинейным зависимостям.

При передаточном отношении $i = 0,428$ от опорно-приводных (ходовых) колес к валу высевающих аппаратов и увеличении длины рабочей части катушки от 0,010 до 0,034 м секундный высев увеличился с 0,070 до 0,207 кг/с, а масса семян в семенном ящике за 10 с уменьшилась с 325,46 до 324,09 кг соответственно.

При $i = 0,616$ и увеличении длины рабочей части катушки от 0,010 до 0,034 м секундный высев увеличился с 0,100 до 0,300 кг/с, а масса семян в семенном ящике за 10 с уменьшилась с 325,16 до 323,16 кг соответственно.

Литература

1. Ли В.В., Тумурхонов В.В. Сеялка для посева по почвенной корке // Тр. Бур. СХИ. – Улан-Удэ, 1993. – С. 62–65.
2. Патент РФ № 2390986 А 01 С 7/00, А 01 В 49/06. Сеялка для посева по почвенной корке. / В.В. Ли, Н.Т. Татаров, В.В. Тумурхонов. – Опубл. 10. 06. 2010, Бюл. № 16.
3. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов [и др.]; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – Изд. 2-е – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
4. Маркеев А.П. Теоретическая механика: учеб. для ун-тов. – М.: ЧеРо, 1999. – 572 с.
5. Сергеев И.Ф., Сычугов Н.П. Сельскохозяйственные машины: учеб. и учеб. пособия для подгот. кадров массовых профессий. – М.: Агропромиздат, 1986. – 215 с.
6. Тарз С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Наука, 1970. – 480 с.
7. Сельскохозяйственные машины (теория и технологический расчет) / Б.Г. Турбин, А.Б. Лурье, С.М. Григорьев [и др.] // Машиностроение. – Л., 1967. – 584 с.



УДК 629.114.2

Н.И.Селиванов, В.Н. Запрудский

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Обоснованы критерии и дана сравнительная оценка эффективности технологических процессов основной обработки почвы с использованием комбинированных агрегатов.

Ключевые слова: технология, основная обработка почвы, комбинированный агрегат, удельное сопротивление, скоростной режим, производительность, энергозатраты, потребная мощность.

N.I. Selivanov, V.N. Zaprudsky

EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR SOIL BASIC CULTIVATION

Criteria are proved and comparative efficiency estimation of the technological processes for soil basic cultivation with the combined unit application is given.

Key words: technology, soil basic cultivation, combined unit, specific resistance, high-speed mode, productivity, power inputs, required power.

Введение. Наиболее перспективным направлением развития отрасли растениеводства в настоящее время является совершенствование технологий возделывания с.-х. культур для повышения урожайности и снижения затрат.

Основные критерии выбора технологии – получение максимального урожая с наименьшими затратами при одновременном сохранении и восстановлении плодородия почвы. Помимо совершенствования севооборотов, являющихся составной частью зональных систем земледелия, большие резервы кроются в со-