

2. Ковриков И.Т. Основные принципы разработки распределительных устройств подпочвенно-разбросных сошников зерновых сеялок // Тракторы и сельхозмашины. - 1983. - №5, - С.13-14.
3. Малев М.К. Обоснование параметров рабочих органов сеялок-культиваторов для посева на почвах, подверженных ветровой эрозии // Механизация возделывания зерновых культур на почвах, подверженных ветровой эрозии. - Алма-Ата, 1971. - С.95-117.

УДК 631.8; 631.171

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ЭФФЕКТИВНОГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА
НЕКОНДИЦИОННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Есхожин Д.З., д.т.н., профессор, Ахметов Е.С., к.т.н., доцент
*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,
г. Астана, Казахстан*

Введение

Для улучшения плодородия почвы, с целью увеличения объема урожайности продукции сельского хозяйства, необходимо регулярно обогащать ее минеральными удобрениями. В республике применяется технология, учитывающая особенности регионального почвенного покрова, при которой самым эффективным способом обогащения почвы является непосредственное и равномерное внесение в нее минеральных удобрений одновременно с посевом семян сельскохозяйственных культур. Сложность этой технологии посева является недостаточная приспособленность посевных машин, так как при изменении влажности, из-за гигроскопичности резко изменяются физико-механические свойства туков.

По мнению М.Г.Догановского и Е.В.Козловского большинство минеральных удобрений, особенно порошковидные, с повышением влажности становятся липкими, вязкими и теряют свойство истечения. Поэтому в таких случаях удобрения прилипают к рабочим органам высевающего аппарата, вследствие чего происходит торможение его работы. Налипание влажных удобрений на штифты катушки, из-за их повышенной влажности, приводит к полному нарушению всего технологического процесса высева семян и удобрений.

В связи с вышеуказанной проблемой проведение поисковых исследовательских работ, в области конструирования высевающих аппаратов, предназначенных для равномерного и устойчивого высева туков, является одним из важнейших направлений в разработке новейших и эффективных посевных машин.

Основная часть

Исследовательские работы и эксперименты показали, что влажные удобрения прилипают на высевающие катушки, и они превращаются в гладкие ролики, теряя свои транспортирующие способности. Часть удобрений, при высыхании превращаются в комья. Они скапливаются у высевных окон и образуют своды, которые препятствуют равномерному поступлению удобрения в высевающие органы.

Решение указанной проблемы в системе высева нуждается в тончайшем теоретическом и экспериментальном обосновании конструкции, которая обеспечила бы мелкий помол комьев разных формаций для равномерного распределения минеральных удобрений в органы высевающего аппарата. В результате проведенных аналитических исследований предложен самоочищающийся штифтовой туковывсевающий аппарат, изображенный на рисунке 1.

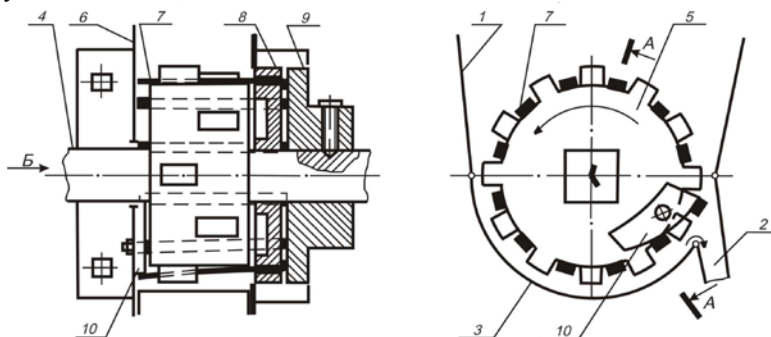


Рисунок 1 — Самоочищающийся туковывсевающий аппарат:

1 – бункер; 2 – тукопровод; 3 – основание (дно); 4 – вал; 5 – штифтовая катушка; 6 – коробка; 7 – чистик; 8 – диск; 9 – закрепитель; 10 – эксцентрик

Он состоит из бункера 1, у высевных окон, в основании 3 которого вращается на продольном валу 4 штифтовая катушка 5, расположенная в коробке 6. На поверхности катушки вдоль ее образующих расположены чистики 7, изготовленные из пружинного материала. Чистики посредством закрепителя 9 одним концом неподвижно закреплены к диску 8, а вторые концы свободны и могут совершать колебательные движения в радиальном направлении. К коробке прикреплен эксцентрик 10. При вращении (вместе с катушкой) его огибают чистики. Кривизна эксцентрика такова, что в зоне захвата и перемещения туков чистики вращаются вместе с катушкой в прижатом состоянии, а в зоне высыпания они отходят от поверхности катушки в радиальном направлении. После зоны высыпания чистики снова прижимаются к катушке.

Как было отмечено, при повышении влажности удобрения прилипают к межштифтовым промежуткам и катушки превращаются в гладкие ролики. В рассматриваемом устройстве за счет колебательного движения чистиков целостность прилипшего удобрения нарушается, и оно отстает от поверхности катушки. В результате процесс высева не остановится и повысится надежность работы устройства.

Для обоснования основных конструктивных зависимостей предложенного туковывсевающего аппарата проведем его теоретическое исследование. Важнейшей задачей является установление закона движения чистика. Для ее решения представим чистик в виде защемленного одним концом упругого стержня. На рисунке 2 изображен упругий стержень с длиной l , на который приложено усилие P . При этом точка k стержня переместилась в k_1 . Координаты точки k_1 – x, y . Если принять y – величиной первого порядка малости, то очевидно, Δx – является величиной второго порядка малости. Такое утверждение справедливо, если считать стержень нерастяжимой. Здесь Δx – разность между абсциссами точек k и k_1 . Принятое утверждение позволяет пренебречь величиной Δx и считать, что в ходе колебаний абсцисса точки K остаётся постоянной. При этом

$$\dot{x} = 0. \quad (1)$$

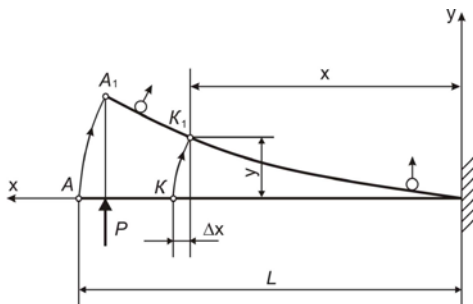


Рисунок 2 — Схема работы чистиков

Величина второй координаты y зависит от положения т. k на стержне и от времени t , т. е. $y = y(x, t)$. Для составления дифференциального уравнения изгибательных колебаний закреплённого одним концом упругого стержня можно воспользоваться принципом Гамильтона – Остроградского. При этом необходимо определить так называемое действие S по Гамильтону [1]:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L dt, \quad (2)$$

где $L = T - \Pi$ – функция Лагранжа; T – кинетическая энергия точки (системы); Π – потенциальная энергия точки (системы).

Кинетическую энергию упругого стержня можно вычислить с помощью определенного интеграла:

$$T = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\ell} V^2 dx, \quad (3)$$

где ρ – плотность материала стержня; V – скорость точки стержня.

В (3) скорость точки стержня очевидно равна:

$$V^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2.$$

Однако с учётом (1) имеем:

$$V^2 = \dot{y}^2.$$

При этом кинетическая энергия вычисляется по формуле:

$$T = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\ell} \dot{y}^2 dx. \quad (4)$$

Потенциальная энергия упругой деформации изгиба стержня вычисляется по формуле [2]:

$$\Pi = \frac{EJ}{2} \int_0^{\ell} \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right)^2 dx, \quad (5)$$

где E – модуль упругости материала стержня; J – момент инерции площади поперечного сечения стержня.

Определим функцию Лагранжа:

$$L = \frac{1}{2} \int_0^{\ell} (\rho \dot{y}^2 - EJ y''^2) dx, \quad (6)$$

где $y'' = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$.

Используя (6) и (2) определим действие по Гамильтону:

$$S = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} (\rho \dot{y}^2 - EJ y''^2) dx. \quad (7)$$

При этом вариация действия S вычисляется:

$$\delta S = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} (\rho \dot{y} \delta \dot{y} - EJ y'' \delta y'') dx. \quad (8)$$

Принцип Гамильтона-Остроградского предполагает, что вариационная задача об отыскании зависимости $y = y(x, t)$ сводится к определению такой функции y , при которой действие S стационарно, т.е. такая, при которой первая вариация действия равна нулю, т.е. $\delta S = 0$.

Также надо иметь в виду, что искомая функция $y = y(x, t)$ должна быть непрерывной и иметь частные производные по x и t , а её вариации в начальный и конечный моменты времени (t_1, t_2) должны равняться нулю. Последнее означает, что «прямой» и «окольные» пути по концам интервала $\Delta t = t_2 - t_1$ соединяются, т.е.:

$$\delta y(x, t_1) = 0, \quad \delta y(x, t_2) = 0. \quad (9)$$

При этом из (8) имеем:

$$\int_{t_1}^{t_2} \int_0^{\ell} (\rho \dot{y} \delta \dot{y} - EJ y'' \delta y'') dx = 0. \quad (10)$$

Проведем ряд преобразований составляющих членов в (10):

$$\begin{aligned} \delta \dot{y} &= \frac{d}{dt} \delta y; \quad \delta y'' = \frac{\partial}{\partial x} \delta y'; \\ \dot{y} \frac{d}{dt} \delta y &= \frac{d}{dt} (\dot{y} \delta y) - \ddot{y} \delta y, \\ y'' \frac{\partial}{\partial x} \delta y' &= \frac{\partial}{\partial x} (y'' \delta y') - y''' \delta y', \\ y''' \delta y' &= y''' \frac{\partial}{\partial x} \delta y = \frac{\partial}{\partial x} (y''' \delta y) - y'''' \delta y, \end{aligned} \quad (11)$$

С учетом преобразований (11) из (10) можно получить:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} \left[\rho \frac{d}{dt} (\dot{y} \delta y) - \rho \ddot{y} \delta y + EJ \frac{\partial}{\partial x} (y''' \delta y - y'' \delta y') - EJ y'''' \delta y \right] dx = 0.$$

Последнее выражение перепишем в более удобной для интегрирования форме:

$$\begin{aligned} &\rho \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} \frac{d}{dt} (\dot{y} \delta y) dx - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} (\rho \ddot{y} + EJ y''''') \delta y dx + \\ &+ EJ \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} \frac{\partial}{\partial x} (y''' \delta y - y'' \delta y') dx = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Рассмотрим первый член уравнения (12):

$$\begin{aligned} \rho \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{\ell} \frac{d}{dt} (\dot{y} \delta y) dx &= \rho \int_0^{\ell} dx \int_{t_1}^{t_2} d(\dot{y} \delta y) = \\ &= \rho \int_0^{\ell} [\dot{y}(x, t_2) \delta y(x, t_2) - \dot{y}(x, t_1) \delta y(x, t_1)] dx \end{aligned}$$

С учётом (9) из последнего выражения получим:

$$\rho \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^l \frac{d}{dt} (\dot{y} \delta y) dx = 0. \quad (13)$$

Рассмотрим второй интеграл третьего члена уравнения (12). При $x = 0$, стержень не имеет движения.

Поэтому $\delta(0, t) = 0$, $\delta y'(0, t) = 0$. В этом случае последнее интегральное выражение примет вид:

$$\int_0^l \frac{\partial}{\partial x} (y''' \delta y - y'' \delta y') dx = y'''(l, t) \delta y(l, t) - y''(l, t) \delta y'(l, t). \quad (14)$$

Полученные результаты в (13) и (14) внесём в начальное уравнение (12):

$$EJ \int_{t_1}^{t_2} [y'''(l, t) \delta y(l, t) - y''(l, t) \delta y'(l, t)] dt - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^l (\rho \ddot{y} + EJ y''') \delta y dx = 0. \quad (15)$$

Так как значения вариаций в последнем уравнении свободны, расчет производится, опираясь на основную лемму вариационных задач [3]:

$$\begin{cases} \rho \ddot{y} + EJ y''' = 0 \\ y''(l, t) = 0 \\ y'''(l, t) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

В системе уравнений (16) первое выражение представляет собой дифференциальное уравнение в частных производных колебаний произвольной точки упругого стержня, закреплённого одним концом. Второе и третье уравнения в (16) – это уравнения точки A стержня. Для решения уравнения (16) принимаем обозначение: $a^2 = \frac{E \cdot J}{\rho}$. При этом первое выражение

в (16) можно представить в виде:

$$\frac{\ddot{y}}{a^2} + y^{(IV)} = 0 \quad (17)$$

Решение уравнения (17) ищем в виде:

$$y = T(t) \cdot X(x). \quad (18)$$

При этом частные производные имеют вид:

$$\ddot{y} = \ddot{T} \cdot x; \quad y^{(IV)} = TX^{(IV)}.$$

Подставив последнее выражение в (17) и разделив переменные, получим:

$$\ddot{T} + a^2 \lambda^4 T = 0. \quad (19)$$

$$X^{(IV)} - \lambda^4 X = 0, \quad (20)$$

где $\frac{\ddot{T}}{a^2 T} = -\frac{X^{(IV)}}{X} = -\lambda^4$.

Решение характеристического уравнения $\kappa^2 + a^2 \lambda^4 = 0$, для (19) дает:

$$T(t) = C_2 \sin a\lambda^2 t. \quad (21)$$

Решение характеристического уравнения

$$\kappa^4 - \lambda^4 = (\kappa^2 - \lambda^2)(\kappa^2 + \lambda^2)$$

для (20) дает:

$$X(x) = C_6 \left(\frac{e^{\lambda x} - e^{-\lambda x}}{2} + \sin \lambda x \right). \quad (22)$$

Подставив (21) и (22) в (18) получим уравнение движения произвольной точки упругого стержня, одним концом закрепленного неподвижно:

$$y = y_m \sin(a\lambda^2 t + 2\pi) \cdot \frac{Sh\lambda x + \sin \lambda x}{Sh\lambda l + \sin \lambda l}, \quad (23)$$

где $C_2 \cdot C_6 = C$; $C = \frac{y_m}{Sh\lambda l + \sin \lambda l}$; $\frac{e^{\lambda x} - e^{-\lambda x}}{2} = Sh\lambda x$. y_m – максимальная амплитуда,

туда, конструктивный параметр; $\omega = a\lambda^2$; $\lambda = \sqrt{\frac{\omega}{a}}$ $a = \sqrt{\frac{1}{\rho EJ}}$; ω – частота колебаний.

Решение дифференциального уравнения четвертого порядка, представленное в (23), связывает все основные конструктивные и технологические параметры чистика самоочищающегося туковывсевающего аппарата. К ним можно отнести амплитуду, частоту, время и период свободных колебаний произвольной точки упругого стержня.

Следовательно, задаваясь текущим временем, можно определить указанные параметры чистика. С их помощью легко обосновать параметры кулачка дозатора.

Заключение

Предложен самоочищающийся высевающий аппарат для высева гранулированных и порошковидных минеральных удобрений, который может работать и при повышенных их влажности. Для этого в желобки катушки установлены упругие чистики.

Получено дифференциальное уравнение четвертого порядка описывающее колебательное движение чистика. Его решение позволило установить зависимости амплитуды, частоты и периода колебаний чистика от времени.

Литература

1. Добронравов В.В., Никитин Н.И., Дворников А.Л. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1987.
2. Дарков А.А., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высшая

школа, 1989.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по высшей математике. - М.: Наука, 1984.

УДК 631.3.072

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТЯГ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА В НАВЕСНОМ ПАХОТНОМ АГРЕГАТЕ

**Бойков В.П.¹ д.т.н., профессор, Захаров А.В.² к.т.н., доцент,
Захарова И.О.²**

*УО «Белорусский национальный технический университет»¹,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»²,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Повсеместно перед работой навесного пахотного агрегата ограничиваются лишь регулировкой раскосов навесного устройства (НУ) и глубины обработки плуга. Однако этих регулировок не достаточно для наиболее эффективной работы агрегата. Очень важной эксплуатационной регулировкой навесного пахотного агрегата является оптимальное расположение мгновенного центра вращения (МЦВ) тяг навесного устройства трактора, через который проходит результирующая тягового сопротивления с/х орудия. При не правильном его расположении не выполняется условие устойчивости хода орудия, имеет место излишнее заглубление и увеличение нагрузки на опорном колесе, а также чрезмерная разгрузка передней оси трактора.

Основная часть

Результатом многолетних исследований по изучению влияния параметров навесного устройства на показатели силового взаимодействия трактора с сельхозорудием проводившихся в различных предприятиях и НИИ тракторо- и сельхозмашиностроения является ГОСТ 10677-2001.

Данный стандарт устанавливает три класса (категории по ИСО) НУ с различной высотой присоединительного треугольника. Кроме того ГОСТ 10677-2001 определяет продольную координату центра вращения (ЦВ) тяг НУ. Также этот ГОСТ рекомендует не исключать применения других значений x_0 и Δ , если они обеспечивают устойчивый рабочий ход навесного с.-х. агрегата в различных почвенных условиях, когда они находятся в рабочем положении и выполняют сельскохозяйственную технологическую операцию.

Использовать рекомендации ГОСТа при настройке в пахотном агрегате оптимального расположения МЦВ достаточно сложно. Да и не у всех навесных пахотных агрегатов можно выдержать требования этого ГОСТа