

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное
учреждение средняя общеобразовательная
школа с. Посёлки им героя Советского Союза
И.Ф.Кузьмичёва*

**II РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ ТВОРЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ И
ИНИЦИАТИВ «ЛЕОНАРДО»**

«Математическая» исследовательская работа

**«Геометрия
сельскохозяйственных машин и
механизмов»**

Автор: *Николин Иван*
учащийся 10 класса

Адрес: *с. Посёлки ул. Молодёжная, 64.*

Телефон: *8 84157-59-2-19*

Руководитель:

Купыра Наталья Анатольевна,
учитель математики
высшей квалификационной категории

Пенза 2022 г.

Введение.

Без знания математики нельзя понять
ни основ современной техники, ни того,
как ученые изучают природные
и социальные явления.

Академик А.Н. Колмогоров.

Селу необходимы молодые технически грамотные кадры, хорошо знающие математику, так как при конструировании и эксплуатации сельскохозяйственных машин и механизмов используются самые различные методы математики.

До начала нашего столетия теории сельскохозяйственных машин вовсе не существовало. ...Машины создавались и совершенствовались чисто **опытным** путем. Это был путь трудный, долгий, крайне медленный, дорогой и ненадежный, путь поисков вслепую, которые часто не оправдывают надежд.

В **20-х** годах на плугостроительном заводе в Челябинске проходил производственную практику студент Московской сельскохозяйственной академии. Ему поручили исправить рабочую поверхность плужного корпуса, которая из-за износа штампа получилась при штамповке искаженной.

Для исправления этой поверхности студенту предложили покрыть ее слоем гипса, затем слепку придать нужную форму, выровняв его на глаз линейкой. По исправленной этим способом рабочей поверхности корпуса плуга предполагалось отформовать литейную модель **для** отливки нового штампа. Изумленный студент сообщил, что ему нужны не гипс и линейка, а чертежные принадлежности и бумага, потому что он владеет точным графическим методом проектирования как плужных рабочих поверхностей, так и штампов **для их** штамповки; этот метод разработан профессором **В. П. Горячкиным** [6].

А в наше время не только плуги, но и все отечественные сельскохозяйственные машины спроектированы конструкторами на строго научной основе.

Поэтому целью моей работы является **применение математики в практической деятельности**. Для выполнения поставленной цели предстоит решить ряд задач:

- Исследовать правильность конструктивного решения задачи настройки сеялки на нужную норму высева.
- Определить зависимость площади поперечного сечения желобка высевающей катушки от величин b , r и R , если $\alpha = 37^\circ$, $\beta = 26^\circ 30'$.
- Исследовать, что смещенный кривошипно-шатунный механизм дает больший ход ножа, чем нормальный механизм с тем же кривошипом и шатуном.
- Установить, что при движении бороны «Зигзаг» в направлении AD ее зубья проводят борозды так, что расстояние между любыми соседними бороздами одно и то же.
- Определить зависимость правильного выбранного угла атаки при обработке почвы без огрехов луцильником.

1. Основная часть.

Сеялка. Высевающий агрегат сеялки приводится в действие одним из ходовых колес. Поэтому количество семян, высеваемых сеялкой на 1 га, не зависит от скорости (изменяющейся в допустимых пределах) движения сеялки и настраивается заранее с помощью специальных рычагов. С этой целью сеялку приподнимают и начинают вращать ходовое колесо. Количество зерна, высыпавшееся за определенное число оборотов, и позволяет рассчитать, на какую норму высева настроена сеялка при данном положении рычагов.,:

Для правильного конструктивного решения задачи настройки сеялки на нужную норму высева необходимо знать массу зерна, которая будет выбрасываться из проектируемой сеялки за один оборот высевающей катушки, а для этого должна быть известна площадь поперечного сечения желобка катушки.

На какую норму высева p кг/га отрегулирована сеялка, если за n оборотов колеса из нее высыпалось m кг зерен? Какие параметры сеялки достаточно знать для решения задачи?

Решение. Поскольку площадь S , засеваемая сеялкой за один оборот колеса, определяется рабочей шириной сеялки и длиной обода ее колеса, то достаточно знать эти параметры. Допустим, что рабочая ширина — h м, длина обода колеса — C м. Так как за один оборот колеса сеялка засекает прямоугольник площади

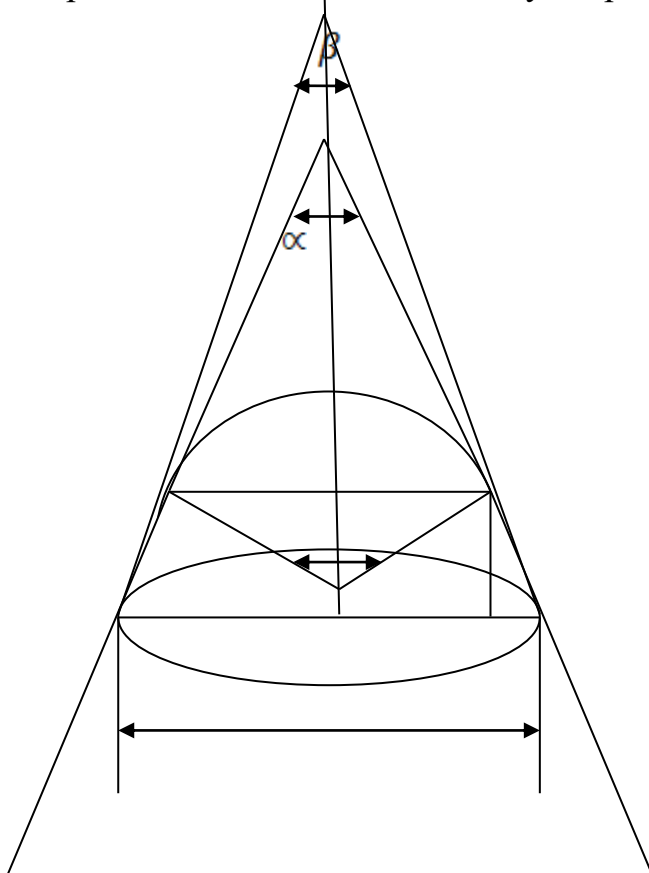
$$S = \frac{hC}{10000} \quad (S \text{ — площадь в га}), \text{ то получаем уравнение}$$

$$\frac{Chp}{10000} = \frac{m}{n}, \text{ из которого находим: } p = \frac{10000m}{Chn}$$

Найденную с помощью описанного эксперимента величину сравнивают с нормой высева N данной культуры и в случае необходимости производят дорегулировку для того, чтобы p было равно N .

Поперечное сечение желобка высевающей катушки имеет вид [4], изображенный на рисунке. Выразите площадь этого сечения через величины b , r и R , если $\alpha = 37^\circ$, $\beta = 26^\circ 30'$.

Решение. Данное сечение состоит из двух сегментов круга и трапеции. Найдем верхнее основание a и высоту h трапеции.



Так как $\gamma = \frac{\alpha}{2}$ (углы с сонаправленными сторонами) и $\delta = \frac{\alpha}{2}$

(углы с взаимно перпендикулярными сторонами), то $a = 2r \cos \frac{\alpha}{2}$, $h = \frac{b-a}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$

Следовательно, площадь трапеции

$$S_1 = \frac{a+b}{2} h = \left(\frac{b^2}{4} - r^2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \approx 0,747b^2 - 2,688r^2.$$

Замечаем далее, $\xi = 180^\circ - 2\delta = 180^\circ - \alpha = 143^\circ$. Поэтому площадь верхнего сегмента, равную разности площадей сектора и треугольника, можно вычислить так:

$$S_2 = \frac{r^2}{2} \left(\frac{143\pi}{180} - \sin 143^\circ \right) \approx 0,946r^2. \text{Площадь другого сегмента}$$

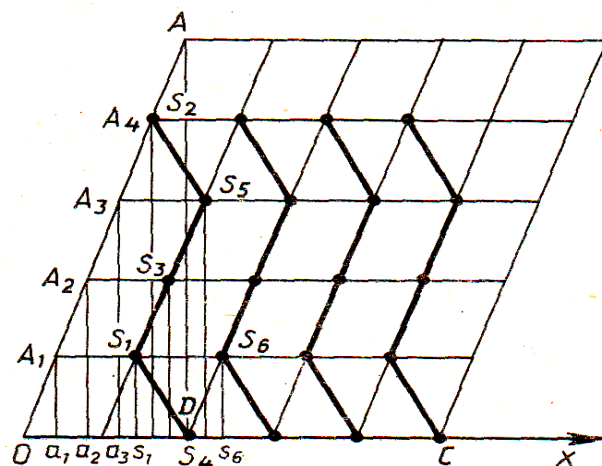
$$S_3 = \frac{R^2}{2} \left(\frac{26,5\pi}{180} - \sin 26^\circ 30' \right) \approx 0,008R^2, \text{ а значит, площадь сечения}$$

$$S = 0,747b^2 + 0,008R^2 - 1,741r^2.$$

№	Основание трапеции, <i>b</i>	Наибольший радиус, <i>R</i>	Наименьший радиус, <i>r</i>	Площадь, <i>S</i>
1	40 мм	50 мм	20 мм	918,8 мм ²
2	50 мм	60 мм	20 мм	1199,9 мм ²
3	50 мм	50 мм	15 мм	1495,8 мм ²

Вывод: с помощью данной формулы можно вычислить необходимую площадь желобка катушки и различного вида зерновых площадь будет разной, в зависимости от нормы высевания культуры.

Борона. Агротехнические условия требуют [5], чтобы бороздки, проводимые зубьями бороны, располагались на одинаковом расстоянии друг от друга. В то же время зубья бороны должны быть удалены друг от друга значительно дальше, чем расстояние между бороздками (иначе борона будет работать как грабли), и никакие два зуба не должны идти по одному следу. Всем этим условиям удовлетворяет борона типа «Зигзаг». Конструкция такой бороны проста и довольно остроумна.



Рассмотрим параллелограмм $OABC$ (рис. 2), в котором высота AD делит сторону OC в отношении 2: 3. Разобьем сторону OC на 5 равных отрезков a_i и через точки деления проведем прямые, параллельные OA . Сторону OA также разобьем на 5 равных отрезков и через точки деления проведем прямые, параллельные OC . Образовавшаяся сеть прямых и порождает контур бороны «Зигзаг», обведенный на рисунке жирной линией, причем точки пересечения прямых показывают места расположения зубьев бороны.

Докажем, что смещенный кривошипно-шатунный механизм дает больший ход ножа, чем нормальный механизм с тем же кривошипом и шатуном.

Решение. Пусть r — длина кривошипа, l — длина шатуна, h — расстояние от оси кривошипного вала до линии движения ножа. Крайние положения ножа (точки A и B на рисунке) определяются таким расположением шатуна и кривошипа, когда они образуют прямолинейный отрезок. Поэтому ход ножа

$$s = AB = AC - BC = \sqrt{AO^2 - OC^2} - \sqrt{BO^2 - OC^2}. \text{ Так как}$$

$$AO = l + r, BO = l - r, OC = h, \text{ то } s = \sqrt{(l + r)^2 - h^2} - \sqrt{(l - r)^2 - h^2}$$

Полагая в полученном для s выражении $h = 0$, получаем, что в случае нормального механизма (в этом легко убедиться и непосредственно, сделав соответствующий чертеж) ход ножа равен $2r$. Значит нужно доказать, что $s > 2r$ (при $h \neq 0$). Для этого

умножим и разделим выражение для s на сопряженное выражение: $s = \frac{\sqrt{(l+r)^2 - h^2} - \sqrt{(l-r)^2 - h^2}}{\sqrt{(l+r)^2 - h^2} + \sqrt{(l-r)^2 - h^2}}$

Докажем, что при движении бороны «Зигзаг» в направлении AD ее зубья проводят борозды (сколько их?) так, что расстояние между любыми соседними бороздами одно и то же.

Решение. Пусть $OD = d$. Обозначим через a_k координату проекции (в направлении движения бороны) точки A_k ($k = 1, 2, 3, 4$) на ось x . Так как $OA_1 = \frac{1}{5}OA$, то по теореме Фалеса $a_1 = \frac{d}{5}$. Аналогично находим, что $a_2 = \frac{2}{5}d, a_3 = \frac{3}{5}d, a_4 = \frac{4}{5}d$.

Обозначим через S_k ($k = 1, \dots, 20$) зуб, который проводит (считая слева направо) k -ю бороздку, а через s_k — координату его проекции на ось x . Пусть T — параллельный перенос в направлении Ox на расстояние $\frac{d}{2}$. Поскольку

$S_1 = T(A_1), S_2 = A_4, S_3 = T(A_2), S_4 = D, S_5 = T(A_3), S_6 = T(S_1)$, то

$$s_1 = a_1 + \frac{d}{2} = \frac{7}{10}d, s_2 = a_4 = \frac{8}{10}d, s_3 = a_2 + \frac{d}{2} = \frac{9}{10}d,$$

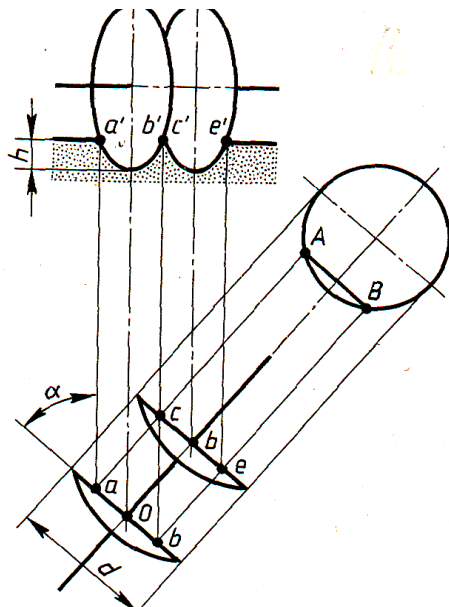
$$s_4 = d, s_5 = a_3 + \frac{d}{2} = \frac{11}{10}d, s_6 = s_1 + \frac{d}{2} = \frac{12}{10}d.$$

Мы доказали, что расстояние между любыми соседними бороздами, оставляемыми первым «зигзагом» бороны, а также между последней бороздой первого «зигзага» и первой бороздой второго «зигзага» равно $\frac{d}{10}$. Ясно, что таким же свойством обладают и остальные три «зигзага», поскольку каждый из них получается из предыдущего с помощью перемещения T .

Луцильник. Сразу же после уборки урожая жнивье рыхлят на небольшую глубину, чтобы вызвать интенсивное прорастание сорняков, всходы которых затем легко уничтожаются при вспашке. Такая обработка почвы называется *лущением*. Проводится лущение дисковыми луцильниками, рабочий орган которых представляет собой [2] полый шаровой сегмент (тарелку) с диаметром основания $d = 450$ мм, установленный вертикально и под некоторым углом α (угол атаки) к направлению движения (см. рис. 3) используются обозначения из курса черчения). При погружении диска в почву на некоторую глубину в результате его поступательного и вращательного движения

образуется желоб, профиль которого совпадает с фронтальной проекцией погруженной в почву части диска.

У луцильника несколько дисков, собранных в батарею на общей горизонтальной оси. Расстояние между дисками $l = 169$ мм.



Чтобы луцильник обрабатывал почву без огрехов, нужно правильно выбирать угол атаки. Выведем соответствующую формулу. Обозначим через A и B точки первого диска, соприкасающиеся в данный момент с краями оставляемого диском земляного желоба. Через C и E обозначим аналогичные точки второго диска. Если диски установлены так, что края оставляемых ими желобов смыкаются на поверхности почвы, то на фронтальной проекции батареи точки B и C совпадают, а на горизонтальной проекции лежат на прямой, совпадающей с направлением движения. Тогда в прямоугольном треугольнике bac , $\angle b = \alpha$. Поэтому $l = OL = ac = ab \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

Для определения $ab = AB$ рассмотрим дополнительный вид диска. Нам известны стрелка сегмента h и радиус $r = d/2$, а нужно найти длину хорды AB . По формуле для стрелки сегмента находим: $AB = 2\sqrt{h(d-h)}$, а значит $l = 2\operatorname{tg} \alpha \sqrt{h(d-h)}$, и можно найти угол атаки α .

№	Стрелка сегмента h	Радиус r	Расстояние между дисками l	Угол атаки α
1	50 мм	225 мм	169 мм	31°
2	50 мм	225 мм	175 мм	43°

3	50 мм	250 мм	169 мм	40°
4	50 мм	250 мм	175 мм	20°
5	40 мм	225 мм	169 мм	44,5°
6	40 мм	225 мм	165 мм	44°

Вывод чем шире расставлять диски, тем угол атаки увеличивается, чем меньше высота сегмента (не глубокая обработка почвы), тем угол атаки больше, изменение небольшие, Чем больше радиус тарелки, тем угол атаки больше. Но при увеличении угла атаки...

Заключение.

Проделав свою работу, я убедился, что именно математический подход к некоторым вопросам сельского хозяйства позволяет не только рентабельно относиться к производству, но и рационально использовать различное оборудование.

- Исследовал правильность конструктивного решения задачи настройки сеялки на

$$\text{нужную норму высева } p = \frac{10000m}{Chn}.$$

- Определил зависимость площади поперечного сечения желобка высевающей катушки от величин b , r и R , если $a = 37^\circ$, $\beta = 26^\circ 30'$.

$$S = 0,747b^2 + 0,008R^2 - 1,741r^2.$$

- Исследовал, что смещенный кривошипно-шатунный механизм дает больший ход ножа, чем нормальный механизм с тем же кривошипом и шатуном.
- Установил, что при движении бороны «Зигзаг» в направлении AD ее зубья проводят борозды так, что расстояние между любыми соседними бороздами одно и то же, равно $\frac{d}{10}$.
- Определил зависимость правильного выбранного угла атаки при обработке почвы без огрехов лущильником $l = 2 \operatorname{tg} a \sqrt{h(d-h)}$.

Литература.

1. Капитальное вложение в сельское хозяйство./Под ред. С.С.Сергеева. М., 1972. стр. 114.
2. Клёкин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.,1980, стр.342
3. Петров В.А. Преподавание математики в сельской школе. М.,1986. стр.26-106.
4. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины. М., 1968, ч.II, стр. 47.
5. Сельскохозяйственные машины. /Под ред. Г.Е.Листопада,М.,1976, стр.45
6. Парамонов К.М. Машины и механизмы. Минск, 1969, с. 133-148.