

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по аграрному техническому образованию  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по специальности 1-74 80 05 «Техническое обеспечение  
производства сельскохозяйственной продукции»*

Минск  
БГАТУ  
2021

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### 2.1. Определение траектории перемещения пласта почвы при вспашке в зависимости от параметров корпуса плуга и предплужника

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса обработки почвы плугом; построить схему оборота пласта почвы, определить его устойчивость и угол наклона отваленного пласта, поперечный профиль открытой борозды.

**Оснащение рабочего места:** корпус плуга, почвенный канал, измерительный комплекс PC Messlektronik Spider 8, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** изучить условия равновесия пласта, обрабатываемого плугом, при вспашке корпусом без предплужника и с ним.

#### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.2).

При движении плужный корпус отрезает от общего массива пласт почвы  $ABCD$  (рис. 2.1 и 2.2) толщиной  $a$  и шириной  $b$ . В процессе действия рабочей поверхности корпуса на пласт последний поворачивается относительно грани  $A$  до вертикального положения  $AB_nC_nD'$ , затем пласт поворачивается относительно грани  $D'$  и ложится на ранее отваленный пласт гранью  $D'C'$ .

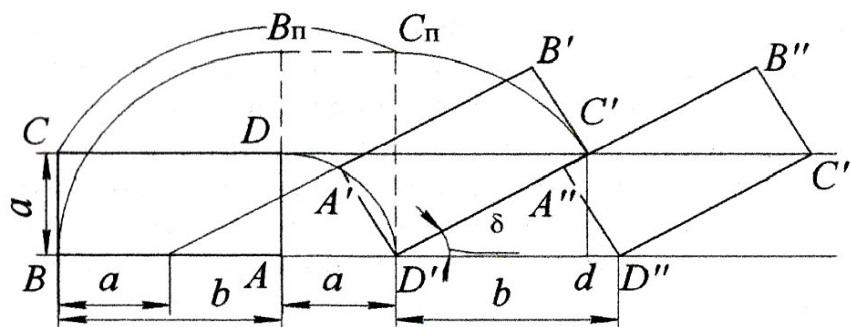


Рис. 2.1. Схема оборота пласта почвы корпусом плуга при работе без предплужника

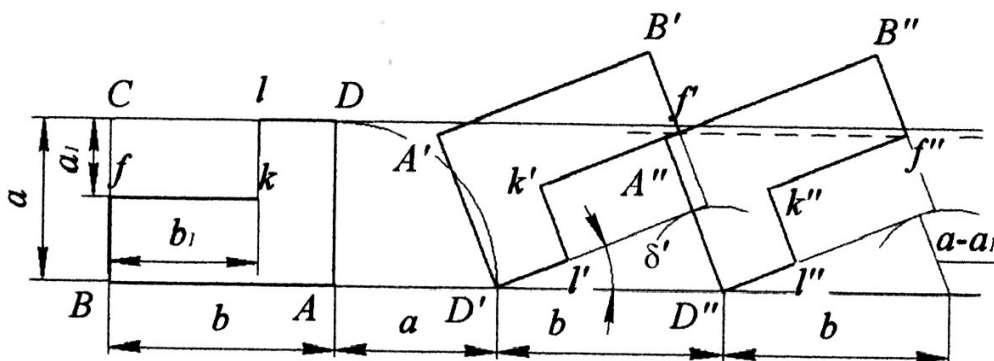


Рис. 2.2. Схема оборота пласта почвы корпусом плуга при работе с предплужником

После оборота пласт занимает положение  $A'B'C'D'$ . Точки стыка смежных пластов ( $C', C''$  и т. д.) находятся на уровне непаханого поля ( $C'd = a$ ), расстояние между опорными точками отваленных пластов равно  $b$ , контур  $CBD'A'B'$  является поперечным профилем открытой борозды. Угол наклона отваленного пласта определяется согласно представленной схеме (рис. 2.3):

$$\sin \delta = \frac{a}{b}, \quad (2.1)$$

откуда

$$\delta = \arcsin \frac{a}{b}; \quad (2.2)$$

$$a_{\text{пр}} = \frac{b}{k_{\text{пр}}}, \quad (2.3)$$

где  $k_{\text{пр}}$  – безразмерный коэффициент соотношения  $\frac{b}{a}$  ( $k_{\text{пр}} = 1,27-1,35$ ).

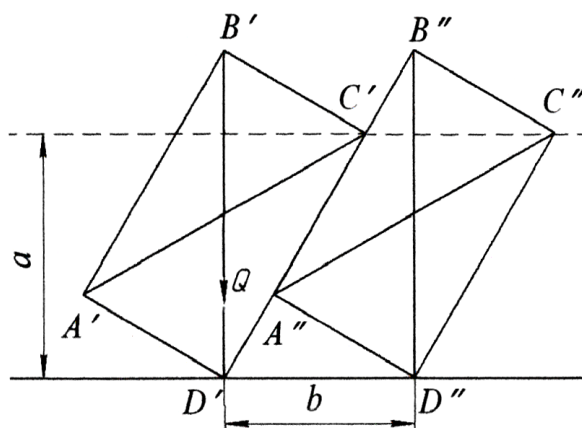


Рис. 2.3. Схема определения предельно устойчивого положения пласта почвы при его обороте корпусом плуга

Заполнить табл. 2.1 согласно варианту исходных данных (табл. 2.2).

Таблица 2.1

Исходные данные

Номер варианта	$a$ , м	$b$ , м	$a_1$ , м	$b_1$ , м

В соответствии с исходными данными определить технологические параметры поля после вспашки:

– поперечный профиль открытой борозды при работе плуга без предплужника (рис. 2.1)

$$L_{\text{борозды}} = CB + BD' + D'A' + A'B'; \quad (2.4)$$

– поперечный профиль открытой борозды при работе плуга с предплужником (рис. 2.2)

$$L_{\text{борозды}} = CB + BD' + D'A' + A'B'; \quad (2.5)$$

– угол наклона отвального пласта при работе плуга без предплужника (рис. 2.1)

$$\delta = \arcsin \frac{a}{b};$$

– угол наклона отвального пласта при работе плуга с предплужником (рис. 2.2)

$$\delta = \arcsin \frac{b - a_1}{b}; \quad (2.6)$$

– предельное значение глубины вспашки

$$a_{\text{пр}} = \frac{b}{k_{\text{пр}}}.$$

Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

## Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

- отложить на миллиметровой бумаге отрезки, равные ширине и толщине пласта, срезаемого корпусом плуга;
- построить графически траекторию перемещения крайних точек пласта при его обороте, определить угол наклона отваленного пласта для вспашки без предплужника и с ним;
- определить длину поперечного профиля открытой борозды;
- теоретически определить устойчивость пласта и возможную предельную глубину вспашки.

Таблица 2.2

Варианты исходных данных

Номер варианта	$a$ , см	$b$ , см	$a_1$ , см	$b_1$ , см
1	20	30	8	15
2	25	35	8	20
3	30	40	10	22
4	35	45	12	26
5	40	50	15	26
6	45	55	12	26
7	20	50	15	28
8	25	45	12	28
9	30	40	10	26
10	35	35	12	24
11	40	30	15	25

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу плугов?
2. Что такое поперечный профиль открытой борозды?
3. Что характеризует угол наклона отваленного пласта?
4. Как определяется предельно устойчивое положение пласта при работе плуга без предплужника?
5. Как определяется предельная глубина вспашки при работе плуга без предплужника?

## 2.2. Определение уравнения движения ножа при обработке почвы фрезой в зависимости от ее конструктивно-кинематических параметров

**Цель работы:** определить технологические показатели процесса обработки почвы фрезой и произвести проверку теоретических расчетов.

**Оснащение рабочего места:** корпус фрезы, почвенный канал, измерительный комплекс РС Messlektronik Spider 8, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** изучить условия обеспечения требуемой продольной гребнистости при обработке поверхности поля фрезой.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.5).

В процессе работы ножи почвенных фрез совершают вращательное и поступательное движение. Траектория движения каждой точки ножа фрезы зависит от соотношения окружной и поступательной скоростей. У фрез с горизонтальной осью вращения траектория движения ножей представляет собой вытянутую циклоиду (трохоиду). Траектория движения двух последовательно работающих ножей и направление вращения фрезы определяют размеры и форму срезаемой почвенной стружки (рис. 2.4). При отрезании стружки сверху вниз (рис. 2.4, а) сечение ее уменьшается от максимума до нуля, а при обратном вращении (рис. 2.4, б), наоборот, увеличивается от нуля до максимума. Стружка почвы снимается ножом фрезы при угле поворота на  $180^\circ$ , а ее сечение увеличивается от нуля до максимума, равного величине подачи на один нож фрезы, затем вновь уменьшается до нуля. При работе фрезерной машины каждая точка режущих элементов барабана перемещается вместе с машиной со скоростью  $V_m$  и одновременно вращается относительно оси барабана с окружной скоростью  $V_{окр}$ . Окружная скорость  $V_{окр} = \omega t$ . Знак «+» принимается при вращении ножей против часовой стрелки, знак «-» – при их обратном вращении.

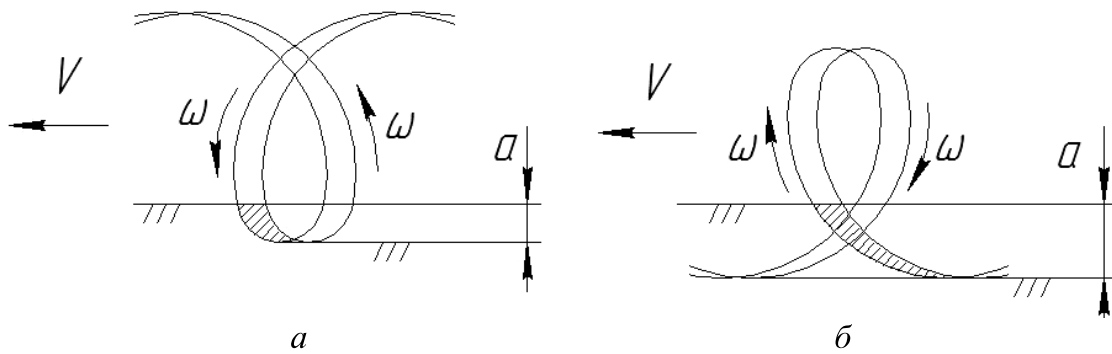


Рис. 2.4. Схемы образования стружки:  
 а – отрезание стружки сверху вниз; б – отрезание стружки снизу вверх

Абсолютная скорость любой точки ножа фрезы представляет собой геометрическую сумму поступательной и окружной скоростей. Уравнения координат траектории перемещения точек лезвия ножа (рис. 2.5) при отсчете от оси  $x$  имеют вид:

$$x = V_M t + R \cos \omega t; \quad (2.7)$$

$$y = R \sin \omega t, \quad (2.8)$$

где  $R$  – расстояние от оси вращения барабана до лезвия ножа рабочего органа, м;

$\omega t$  – угол поворота ножа за промежуток времени  $t$ , град.;

$\omega$  – угловая скорость вращения рабочего органа,  $\text{с}^{-1}$ .

Толщина стружки с достаточной точностью определяется из треугольника  $A_1B_1B_2$  (рис. 2.5):

$$S_{\max} = S_z \sin \alpha, \quad (2.9)$$

где  $S_z$  – величина подачи на один нож фрезы, м.

Сечение стружки, срезаемой одним ножом фрезы:

$$F = b S_{\max} = b S_z \sin \alpha, \quad (2.10)$$

где  $b$  – ширина захвата одного ножа, или расстояние между соседними ножами вдоль вала фрезы, м (табл. 2.3);

$S_{\max}$  – толщина стружки, срезаемой ножом, м.

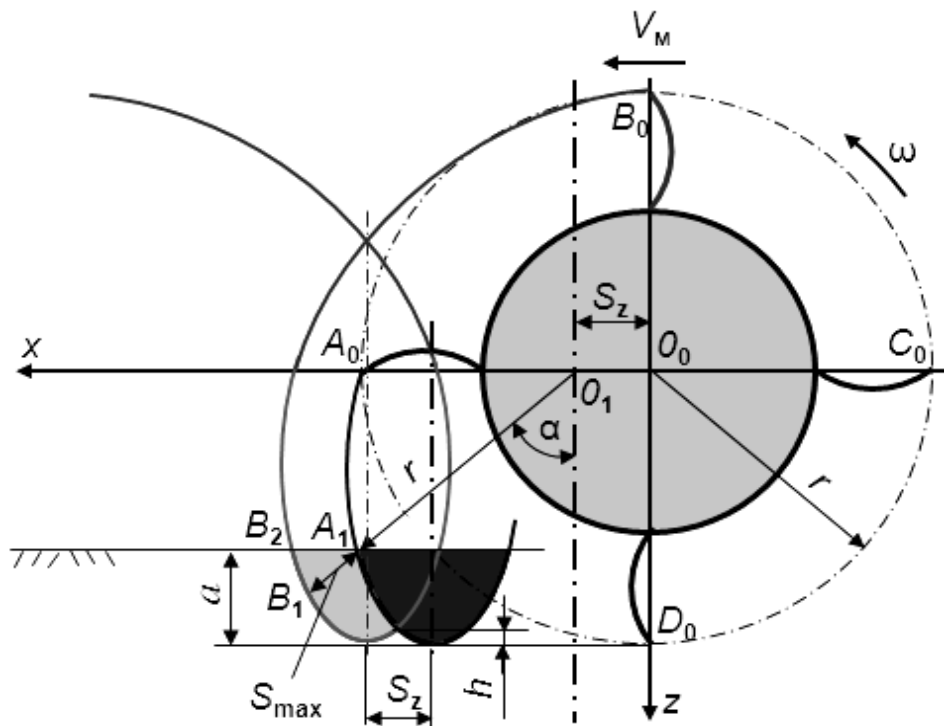


Рис. 2.5. Схема образования стружки почвы

В среднем за цикл количество одновременно работающих ножей

$$i = \alpha_k \frac{z}{360}, \quad (2.11)$$

где  $\alpha_k$  – угол контакта фрезы с почвой, град.;

$z$  – число ножей фрезы на одном диске, шт. (табл. 2.3).

Угол контакта фрезы с почвой

$$\alpha_k = \arccos\left(1 - \frac{a}{R}\right), \quad (2.12)$$

где  $a$  – глубина фрезерования, м.

При обработке почвы фрезерными органами с горизонтальной осью вращения на дне борозды между траекториями двух соседних ножей образуются гребешки высотой  $h$  (рис. 2.5), которые по агротехническим требованиям не должны превышать  $0,2a$ .

Теоретическая высота гребней  $h$  определяется по выражению

$$h_p = R \left[ 1 - \cos \left[ \frac{S_z}{2R \left( \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{окр}}} \pm 1 \right)} \right] \right]. \quad (2.13)$$

### Порядок выполнения работы

Заполнить табл. 2.3 согласно варианту исходных данных (табл. 2.5).

Таблица 2.3

Исходные данные

Номер варианта	$R$ , м	$V_{\text{м}}$ , м	$\lambda$	$\alpha$ , см	$z$ , шт.

В соответствии с исходными данными определить кинематические и технологические параметры:

– окружную скорость фрезерного барабана

$$V_{\text{окр}} = \lambda V_{\text{м}}; \quad (2.14)$$

– угловую частоту вращения барабана

$$\omega = \frac{V_{\text{окр}}}{R}; \quad (2.15)$$

– частоту вращения барабана

$$n = \frac{30\omega}{\pi}; \quad (2.16)$$

– путь, пройденный агрегатом за один оборот барабана:

$$S_0 = \frac{2\pi R}{\lambda}; \quad (2.17)$$

– подачу на нож фрезы – путь, пройденный агрегатом за время поворота барабана на угол, равный углу между соседними ножами:

$$S_z = \frac{2\pi R}{\lambda z}; \quad (2.18)$$

- построить траектории перемещения крайних точек двух соседних ножей фрезерного барабана (рис. 2.6);
- в координатах  $xOz$  вычертить окружность радиуса  $R$  (М 1:10 или М 1:5);
- на оси  $Ox$  отложить отрезок  $S_0$  – путь, пройденный агрегатом за один оборот барабана;
- разделить окружность и отрезок  $S_0$  на 12 равных частей;
- через точки 12; 1 и 11; 2 и 10; 3 и 9; 4 и 8; 5 и 7; 6 провести линии, параллельные оси  $Ox$ ;
- из точки 1, находящейся на оси  $Ox$ , радиусом  $R$  на прямой, проходящей через точки 1-11, отметить точку  $a_1$ , аналогично из точки 2 –  $a_2$ , из точки 3 –  $a_3$  и т. д.;
- соединить точки  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{12}$  кривой – получится циклоида, по которой перемещается крайняя точка первого ножа;
- аналогично построить циклоиду перемещения второго (соседнего) ножа (рис. 2.7);
- с учетом заданной глубины обработки почвы показать на схеме (рис. 2.7) поверхность поля и дно борозды;
- выделить часть почвы («стружку»), вырезаемую между двумя циклоидами;
- показать радиус  $R$  фрезы и обозначить как его продолжение толщину  $S_{\max}$  вырезаемой соседними ножами «стружки»;
- показать высоту  $h$  гребешков.

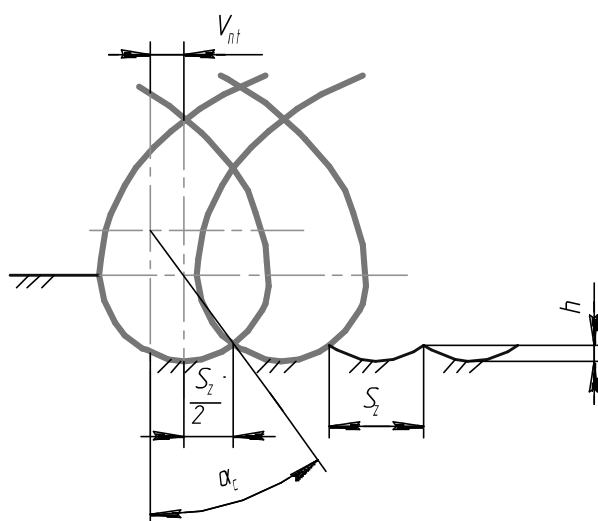


Рис. 2.6. Схема для определения параметров траектории движения ножей фрезы

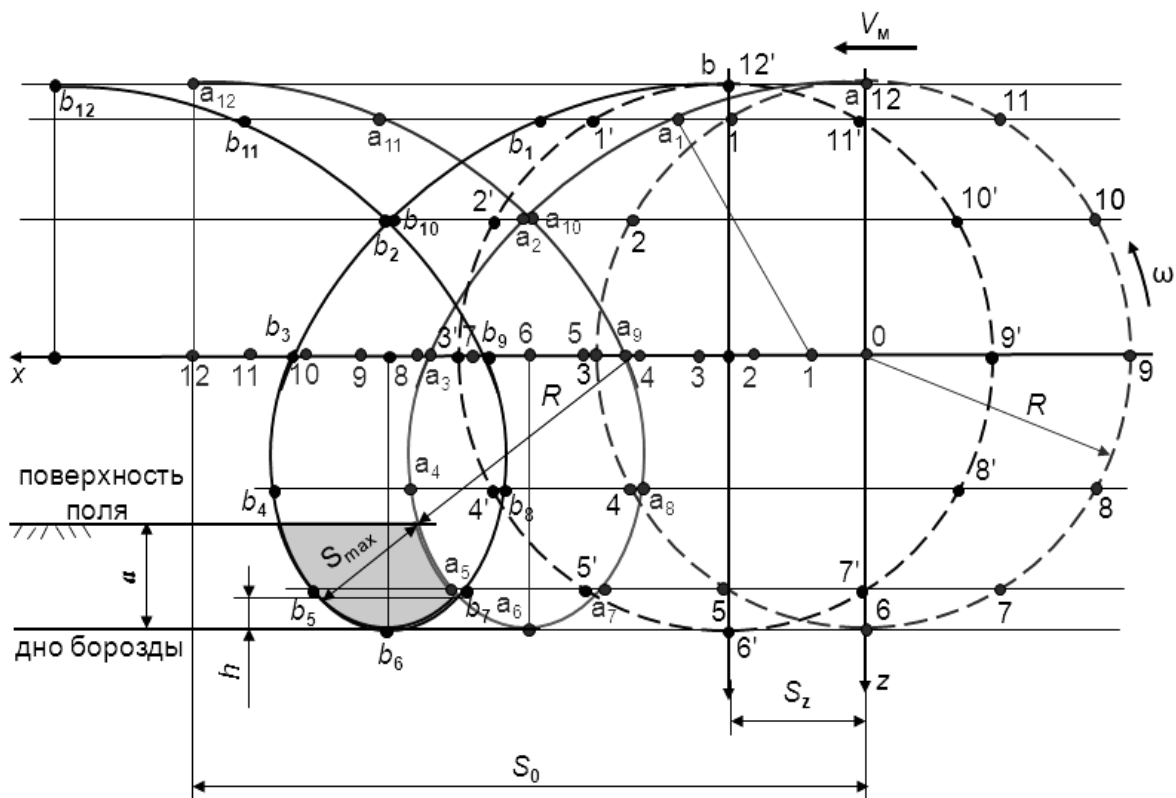


Рис. 2.7. Схема для определения толщины стружки почвы и высоты необработанных гребешков

Рассчитать координаты  $x$  и  $y$  траектории перемещения крайних точек лезвий ножей фрезерного барабана. Результаты расчетов занести в табл. 2.4. По расчетным данным построить траектории перемещения крайних точек лезвий ножей фрезерного барабана (принять  $\Delta t = 0,03-0,05$  с) и сравнить их с построенными ранее.

Таблица 2.4

Параметры траектории движения точки лезвия ножа

Параметры	$t_1 = \Delta t$	$t_2 = 2\Delta t$	$t_3 = 3\Delta t$	$t_4 = 4\Delta t$	$t_5 = 5\Delta t$	$t_6 = 6\Delta t$	$t_7 = 7\Delta t$	$t_8 = 8\Delta t$	$t_9 = 9\Delta t$	$t_{10} = 10\Delta t$
	Время, с									
	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30
$V_M t_i$										
$R \cos \omega t_i$										
$x$										
$y = R \sin \omega t_i$										
$\varphi_i = \omega t_i$										

Согласно приведенной методике:

– определить толщину стружки, срезаемой одним ножом, и высоту гребешков;

– построить графически траекторию перемещения крайних точек двух соседних ножей фрезерного барабана, определить толщину стружки и сравнить с расчетной.

Таблица 2.5

Варианты исходных данных

Номер варианта	$R$ , м	$V_m$ , м	$\lambda$	$\alpha$ , см	$z$ , шт.
1	0,45	0,5	1,3	20	4
2	0,45	0,8	1,5	25	6
3	0,40	1,0	1,2	30	8
4	0,50	1,2	2,0	35	10
5	0,65	1,5	1,8	40	6
6	0,55	1,2	2,2	35	8
7	0,60	1,0	2,4	30	10
8	0,45	1,5	1,5	25	12
9	0,45	2,0	1,2	20	14
10	0,50	1,8	1,8	30	10

### Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу фрезерных машин?

2. По какой траектории движется рабочий орган фрезы?

3. Что характеризует показатель кинематического режима?

4. Почему с увеличением показателя кинематического режима работы фрезы высота гребешков на дне борозды уменьшается?

5. Как на высоту почвенных гребешков влияют подача на нож почвы и шаг фрезы?

6. Как рассчитать координаты  $x$  и  $y$  траектории перемещения крайних точек лезвий ножей фрезерного барабана?

7. Как определяется путь, пройденный агрегатом за время поворота барабана на угол, равный углу между соседними ножами?

8. Как определяется подача на нож фрезы?

## 2.3. Определение траектории абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочного диска

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса посадки рассады; построить траекторию абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочной машины.

**Оснащение рабочего места:** стенд с секцией рассадопосадочной машины, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** определить абсолютную траекторию движения точки зажима рассадодержателя рассадопосадочной машины для обеспечения качественной посадки рассады.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.7).

Абсолютное движение рассадодержателя складывается из относительного движения с угловой скоростью  $\omega$  и переносного движения со скоростью  $V_M$  (рис. 2.8).

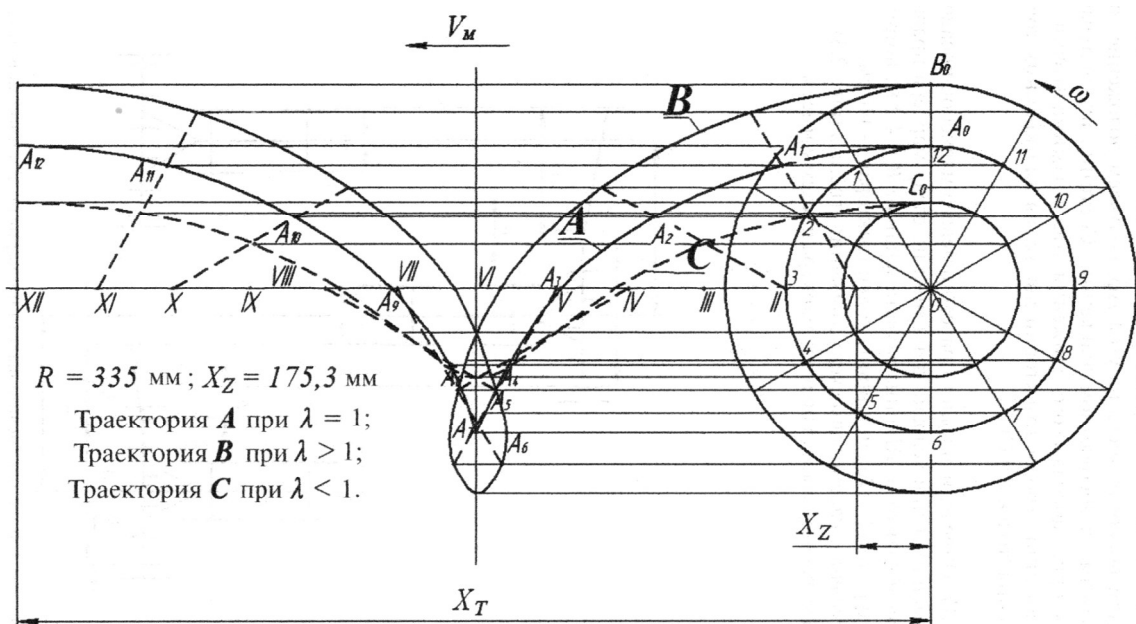


Рис. 2.8. Схема построения траектории абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочного диска

Для построения траектории абсолютного движения точки зажима необходимо определить значение перемещения машины  $X_T$  за один оборот диска. При показателе кинематического режима  $\lambda = 1$  перемещение

$$X_T = \pi D, \quad (2.19)$$

где  $D$  – расчетный диаметр посадочного диска (по точке зажима), см.

Длина пути  $X_T$  и окружность делится на  $Z$  равных частей, например  $Z = 12$  (рис. 2.8). Перемещение машины за время поворота диска на угол

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{Z} \quad (2.20)$$

равно

$$X_Z = \frac{X_T}{Z}. \quad (2.21)$$

Путем сложения значений углового движения и перемещения машины при каждом повороте диска на угол  $\Delta\varphi$  получают положения точки зажима в абсолютном движении. Соединив их, определяют траекторию абсолютного движения точки зажима (точки  $A$ ). Аналогично строятся траектории движения крайних точек растения длиной  $l_p$  (точек  $B$  и  $C$ ).

Заполнить табл. 2.6 согласно варианту исходных данных (табл. 2.7).

Таблица 2.6

Исходные данные

Номер варианта	$D$ , см	$\lambda$	$l_p$ , см

В соответствии с исходными данными определить абсолютную траекторию движения точки зажима рассадодержателя рассадопосадочной машины. Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

## Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

– изобразить в масштабе на миллиметровой бумаге диаметры описываемых окружностей точки зажима и концов высаживаемого растения при вращении рассадодержателя;

– построить графически траектории абсолютного движения точки зажима и концов высаживаемого растения при полном обороте рассадодержателя.

Таблица 2.7

Варианты исходных данных

Номер варианта	$D$ , см	$\lambda$	$l_p$ , см
1	68	1,0	20
2	64	0,9	18
3	62	0,8	16
4	60	0,7	22
5	58	0,6	24
6	56	0,5	18
7	54	1,1	14
8	52	1,2	18
9	50	1,3	16
10	68	1,4	20
11	64	1,5	18
12	66	2,0	16

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу рассадопосадочной машины?

2. Что такое траектория абсолютного движения точки зажима рассады держателем посадочного диска?

3. Как влияет кинематический режим рассадопосадочной машины на процесс высаживания рассады?

## 2.4. Определение уравнения движения гранулы в зависимости от конструктивно-кинематических параметров дискового центробежного разбрасывателя

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса разбрасывания гранулированных минеральных удобрений; построить схему движения гранулы, определить траекторию и дальность ее полета.

**Оснащение рабочего места:** центробежный разбрасыватель РДУ-1,5, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** изучить условия обеспечения требуемой дальности полета гранул при разбрасывании гранулированных минеральных удобрений.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.9).

При движении машины для внесения гранулированных минеральных удобрений с дисковым центробежным разбрасывателем (рис. 2.9) окружная скорость диска

$$V_0 = \frac{\pi n_d D_d}{60}, \quad (2.22)$$

где  $n_d$  – частота вращения диска разбрасывателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$D_d$  – диаметр диска, м.

Тогда абсолютная скорость гранулы в момент схода с диска

$$V_a = \sqrt{V_r^2 + V_0^2 + 2V_r V_0 \cos(90^\circ - \psi)}; \quad (2.23)$$

$$\cos(90^\circ - \psi) = \sin \psi \frac{r_0}{R} \sin \psi_0, \quad (2.24)$$

где  $V_r$  – относительная скорость движения гранулы вдоль лопасти, м/с;  
 $\psi$  – угол между радиальным направлением и направлением лопасти в момент попадания гранулы на диск, град.;  
 $r_0$  – расстояние от места подачи гранулы на диск до его центра, м.

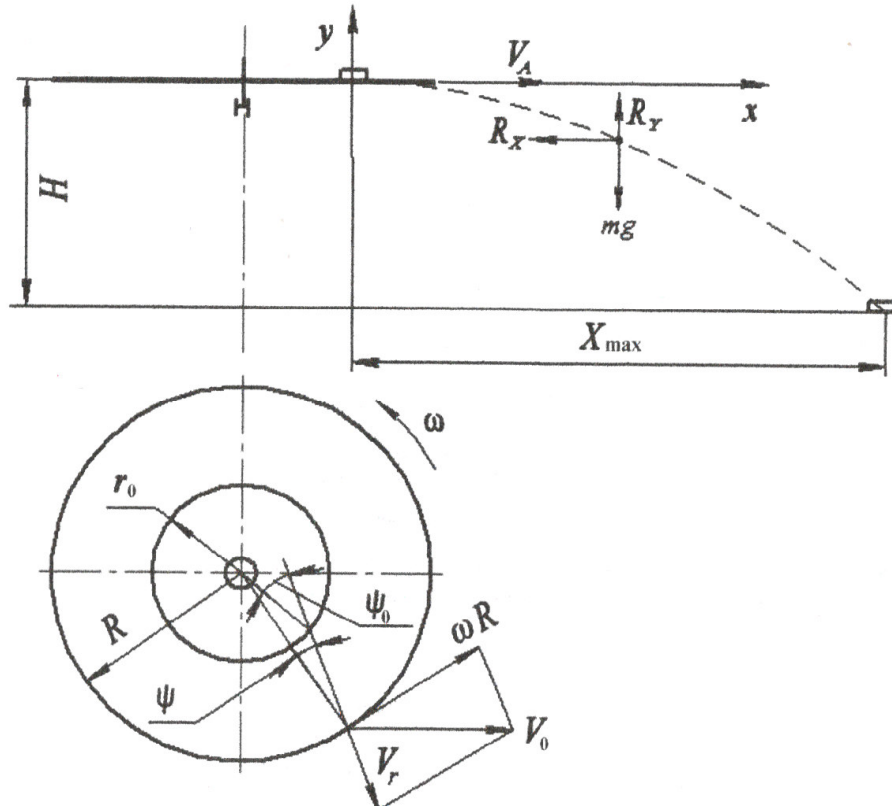


Рис. 2.9. Схема для определения траектории и дальности полета гранулы минерального удобрения, сходящей с центробежного диска

Дальность полета гранулы минерального удобрения, сходящей с центробежного диска:

$$X_{\max} = \frac{\ln \left( V_a K_{\Pi} \sqrt{\frac{2H}{g} + 1} \right)}{K_{\Pi}}, \quad (2.25)$$

где  $K_{\Pi}$  – коэффициент парусности частицы;

$H$  – высота расположения диска относительно поверхности поля, м.

Заполнить табл. 2.8 согласно варианту исходных данных (табл. 2.9).

Таблица 2.8

## Исходные данные

Номер варианта	$D_d$ , м	$n_d$ , мин <sup>-1</sup>	$V_r$ , м/с	$r_0$ , м	$K_n$	$H$ , м

В соответствии с исходными данными определить технологические параметры дальности полета гранулы.

## Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

– изобразить на миллиметровой бумаге диск – вид сбоку и сверху (рис. 2.9);

– теоретически рассчитать параметры траектории движения гранулы;

– согласно проведенным расчетам построить траекторию полета гранулы после схода с диска;

– определить дальность полета гранулы.

Таблица 2.9

## Варианты исходных данных

Номер варианта	$D_d$ , м	$n_d$ , мин <sup>-1</sup>	$V_r$ , м/с	$r_0$ , м	$K_n$	$H$ , м	$\psi$ , град.
1	0,50	800	12	12	0,12	0,60	15
2	0,60	750	11	14	0,11	0,55	12
3	0,55	700	10	16	0,10	0,50	17
4	0,45	650	13	10	0,13	0,45	14
5	0,65	600	14	18	0,14	0,65	16
6	0,50	800	12	12	0,12	0,60	15
7	0,60	750	11	14	0,11	0,55	12
8	0,55	700	10	16	0,10	0,50	17
9	0,45	650	13	10	0,13	0,45	14
10	0,65	600	14	18	0,14	0,65	16
11	0,50	800	12	12	0,12	0,60	15
12	0,60	750	11	14	0,11	0,55	12

## Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу разбрасывателей минеральных удобрений?
2. Какие параметры определяют окружную скорость диска?
3. Что характеризует угол между радиальным направлением и направлением лопасти в момент попадания гранулы на диск?
4. Что характеризует коэффициент парусности частицы?
5. Как влияет высота расположения диска относительно поверхности поля на дальность полета гранулы?
6. Как определяется абсолютная скорость гранулы в момент схода с диска?

## 2.5. Определение уравнения движения конца пальца барабанного подборщика в зависимости от его конструктивно-кинематических параметров

**Цель работы:** построить расчетную схему процесса прессования сена и определить основные технологические показатели.

**Оснащение рабочего места:** пресс-подборщик ПР-Ф-145, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** изучить условия обеспечения качества технологического процесса работы подборщика при подборе сена.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.12).

При движении конец пальца подборщика, перемещаясь из точки  $A_1$  в точку  $A_1''$ , подхватывает и поднимает порцию валка (рис. 2.10) толщиной  $h$ .

Расстояние от оси барабана до конца пальца

$$R = \sqrt{l^2 + r^2 + 2rl \cos \gamma}, \quad (2.26)$$

где  $l$  – длина пальца подборщика, м;

$r$  – расстояние между осями вала барабана и трубчатого вала, м;

$\gamma$  – угол установки пальцев, град.

Величина угла

$$\varphi = 2 \arccos \frac{R - h}{R}, \quad (2.27)$$

где  $h$  – высота гребешков, остающихся после подбора массы, м.

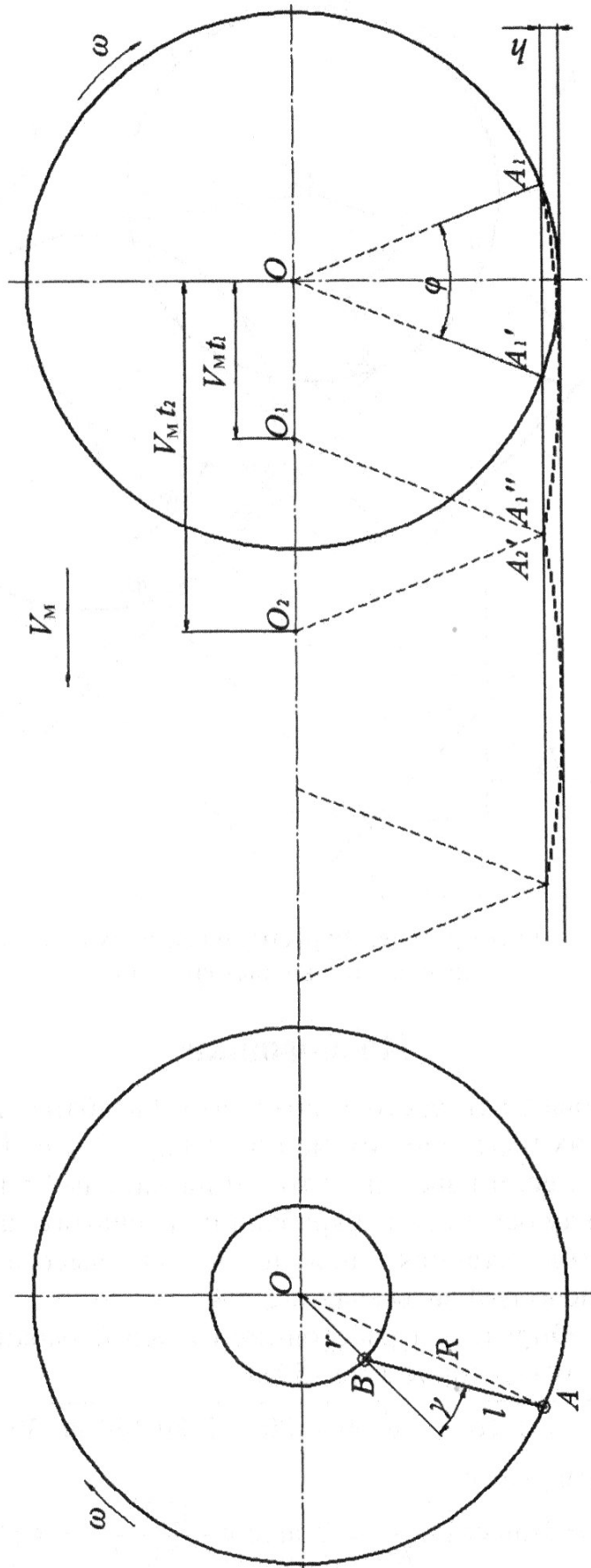


Рис. 2.10. Схема к расчету параметров рабочего процесса подборщика

Угловая скорость вращения барабана подборщика определяется согласно рис. 2.10 по следующим формулам:

$$OO_1 = V_M t_1 = V_M \frac{\varphi}{\omega}; \quad (2.28)$$

$$OO_2 = V_M t_2 = V_M \frac{\beta}{\omega}, \quad (2.29)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения вала подборщика,  $c^{-1}$ .

Угол между трубчатыми валами пальцев

$$\beta = \frac{360}{z}, \quad (2.30)$$

где  $z$  – количество трубчатых валов подборщика, шт.

$$O_1O_2 = OO_2 - OO_1 = V_M \frac{\varphi}{\omega} - V_M \frac{\beta}{\omega} = V_M \frac{\beta - \varphi}{\omega}. \quad (2.31)$$

С другой стороны, выполняется равенство

$$O_1O_2 = 2R \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (2.32)$$

Так как равны левые части уравнений (2.31) и (2.32), то равны и правые их части:

$$V_M \frac{\beta - \varphi}{\omega} = 2R \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (2.33)$$

Тогда угловая скорость вращения вала подборщика

$$\omega = \frac{V_M (\beta - \varphi)}{2R \sin \frac{\varphi}{2}}. \quad (2.34)$$

Отсюда частота вращения вала подборщика

$$n = 30 \frac{\omega}{\pi}. \quad (2.35)$$

Заполнить табл. 2.10 согласно варианту исходных данных (табл. 2.12). Определить технологические параметры подборщика – его частоту и угловую скорость вращения.

Таблица 2.10

Исходные данные

Номер варианта	$V_{M1}$ , м/с	$V_{M2}$ , м/с	$V_{M3}$ , м/с	$l$ , м	$h$ , м	$r$ , м	$z$ , шт.

Результаты расчетов частоты вращения барабана  $n$  для заданных трех значений  $V_M$  представить в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Результаты расчета частоты вращения барабана подборщика

$V_M$ , м/с	$\omega$ , с <sup>-1</sup>	$n$ , мин <sup>-1</sup>

Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

### Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

- изобразить на миллиметровой бумаге в масштабе схему к расчету;
- построить графически траекторию перемещения крайней точки пальца подборщика и произвести соответствующие расчеты.

Таблица 2.12

Варианты исходных данных

Номер варианта	$V_{M1}$ , м/с	$V_{M2}$ , м/с	$V_{M3}$ , м/с	$l$ , м	$h$ , м	$r$ , м	$z$ , шт.
1	1,0	1,5	2,0	0,16	0,016	0,07	4
2	0,5	1,0	1,5	0,18	0,020	0,08	5
3	1,5	2,0	2,5	0,20	0,024	0,10	6

Номер варианта	$V_{M1}$ , м/с	$V_{M2}$ , м/с	$V_{M3}$ , м/с	$l$ , м	$h$ , м	$r$ , м	$z$ , шт.
4	2,0	2,5	3,0	0,22	0,028	0,09	4
5	1,0	1,5	2,0	0,16	0,016	0,07	5
6	0,5	1,0	1,5	0,18	0,020	0,08	6
7	1,5	2,0	2,5	0,20	0,024	0,10	4
8	2,0	2,5	3,0	0,22	0,028	0,09	5
9	1,0	1,5	2,0	0,16	0,016	0,07	6
10	0,5	1,0	1,5	0,18	0,020	0,08	4
11	1,5	2,0	2,5	0,20	0,024	0,10	5
12	2,0	2,5	3,0	0,22	0,028	0,09	6

### Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу пресс-подборщиков?
2. Что такое высота гребешков при подборе грубостебельной массы?
3. Что характеризует угол установки пальцев подборщика?
4. Как определяется предельная частота вращения барабана подборщика?
5. Как определяется угловая скорость вращения барабана подборщика?

## 2.6. Определение траектории движения концов сегментов при скашивании трав ротационно-дисковым режущим аппаратом

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса скашивания трав на сено и построить расчетную схему.

**Оснащение рабочего места:** косилка с ротационно-дисковым режущим аппаратом КПП-3,1, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** рассчитать и построить схему траектории абсолютного движения крайних точек сегментов ротационно-дискового режущего аппарата.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.14).

Абсолютное движение любой точки сегмента складывается из относительного движения вокруг оси диска с угловой скоростью  $\omega$  и переносного перемещения со скоростью  $V_M$  (рис. 2.11).

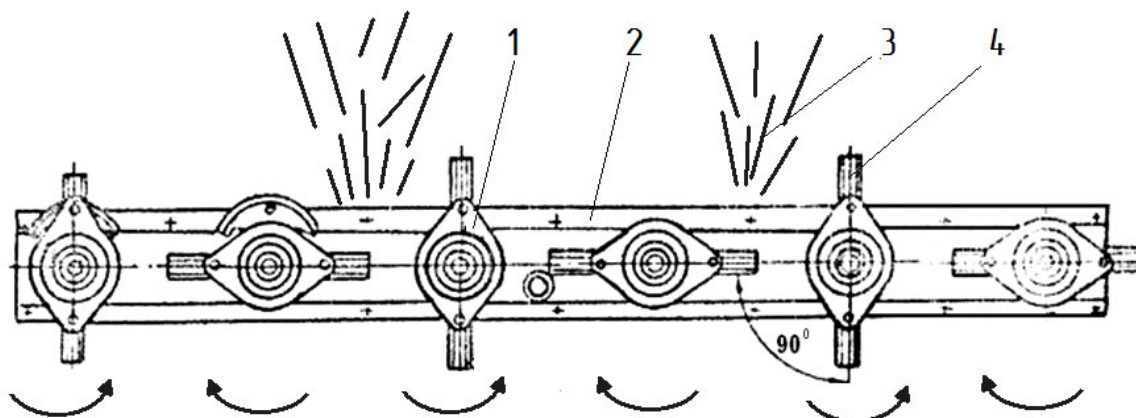


Рис. 2.11. Схема режущего бруса косилки-плющилки полуприцепной КПП-3,1:  
1 – диск ротационно-режущего аппарата; 2 – брус; 3 – стебли; 4 – нож

Для построения траектории абсолютного движения точки режущей кромки сегмента необходимо определить перемещение машины  $x_T$  за один оборот диска по формуле

$$x_T = V_M \frac{60}{n}, \quad (2.36)$$

где  $n$  – частота вращения диска косилки,  $\text{мин}^{-1}$ .

Из центра в точке  $O$  проводятся окружности радиусами  $R$  и  $r$ , затем отрезок  $x_T$  и полученные окружности делятся на одинаковое число частей  $m$ :

$$m = 2z, \quad (2.37)$$

где  $z$  – число ножей на роторе, шт.

За счет относительного движения точка  $b$  сегмента (рис. 2.12) последовательно перемещается в точки от 1 до 8 на окружности радиуса  $R$ .

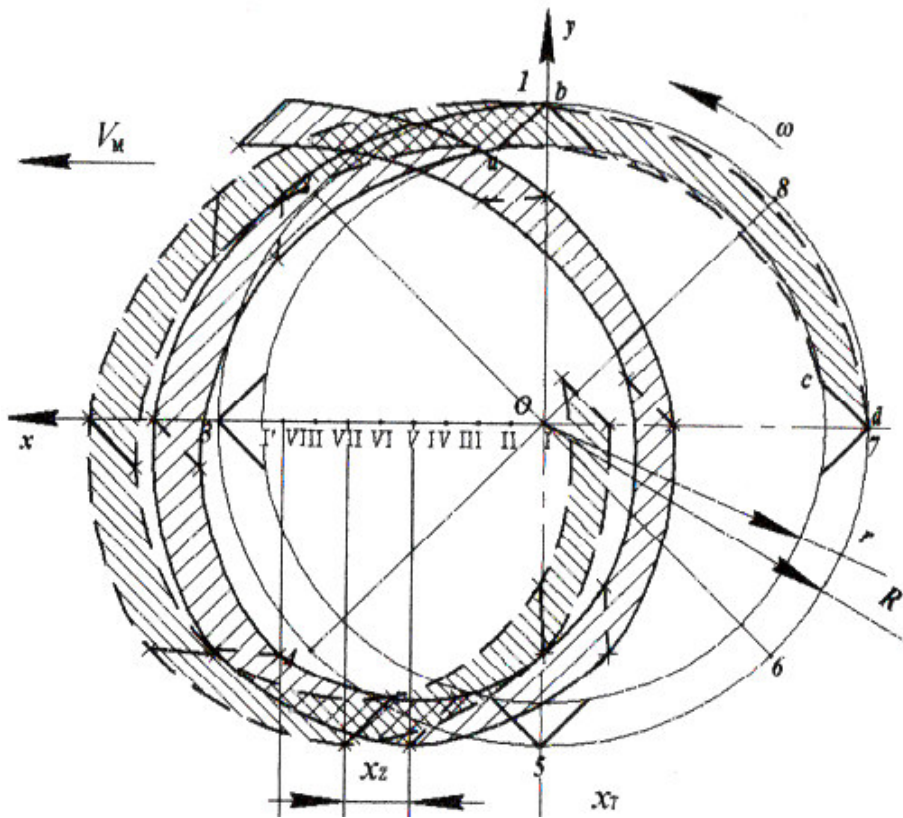


Рис. 2.12. Схема расчета траектории абсолютного движения крайних точек сегментов ротационно-дискового режущего аппарата

Ось диска соответственно перемещается в точки от I до VIII и I' на оси  $x$ . Расстояние между этими точками

$$x_{12} = \frac{x_z}{2}, \quad (2.38)$$

где  $x_z$  – подача на один сегмент, м.

Путем сложения относительного и переносного движения точки за данный отрезок времени получают точки траектории абсолютного движения сегмента. На рис. 2.12 сплошными линиями показаны траектории абсолютного движения точек  $a$  и  $b$ , а пунктирными – точек  $c$  и  $d$ .

Заполнить табл. 2.13 согласно варианту исходных данных (табл. 2.14). Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

Таблица 2.13

Исходные данные

Номер варианта	$R$ , мм	$r$ , мм	$\alpha$ , град.	$z$ , шт.	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$V_M$ , м/с

### Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

- изобразить на миллиметровой оси координат окружности с центром в точке  $O$ ;
- построить графически траектории абсолютного движения крайних точек сегментов ротационно-дискового режущего аппарата;
- определить по полученному графику качество полноты среза травостоя.

Таблица 2.14

Варианты исходных данных

Номер варианта	$R$ , мм	$r$ , мм	$\alpha$ , град.	$z$ , шт.	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$V_M$ , м/с
1	300	260	30	4	1000	4,0
2	320	280	35	6	1100	3,5
3	340	300	40	3	1200	4,5

Номер варианта	$R$ , мм	$r$ , мм	$\alpha$ , град.	$z$ , шт.	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$V_m$ , м/с
4	280	240	25	5	900	5,0
5	300	260	30	4	1000	4,0
6	320	280	35	6	1100	3,5
7	340	300	40	3	1200	4,5
8	280	240	25	5	900	5,0
9	300	260	30	4	1000	4,0
10	320	280	35	6	1100	3,5
11	340	300	40	3	1200	4,5
12	280	240	25	5	900	5,0

### Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу ротационно-дискового режущего аппарата?
2. Что такое подача на один сегмент?
3. Что характеризует угол наклона режущей кромки сегмента?
4. Как определяются траектории абсолютного движения точек сегмента?
5. Как определяется значение перемещения машины  $x_T$  за один оборот диска?

## 2.7. Определение уравнения движения граблины в зависимости от конструктивно-кинематических параметров роторных граблей

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса сгребания скошенной массы травы на сено и построить расчетную схему.

**Оснащение рабочего места:** роторные грабли-ворошилка-вспушиватель ГВР-630, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** рассчитать и построить схему для определения траектории абсолютного движения граблины колесно-пальцевых граблей.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.16).

Для качественного выполнения технологического процесса роторными граблями необходимо, чтобы между смежными площадями сгребания граблинами –  $aa'b'b$  и  $cc'd'd$  (рис. 2.13) – не оставалось необработанных промежутков. Достигается это при соответствующем соотношении поступательной и окружной скоростей ротора, его диаметра  $D = 2R$ , количества штанг с граблинами  $Z$  и ширины захвата граблин  $B$ . Для выполнения этого условия траектория конца первой граблины (точка  $a$ ) должна касаться траектории начала второй граблины (точка  $d$ ), т. е. максимальные ординаты этих траекторий должны быть равны:

$$y_{a \max} = y_{d \max}. \quad (2.39)$$

Точки граблин описывают в абсолютном движении циклоиды с уравнениями

$$x_a = R \cos \omega t; \quad (2.40)$$

$$y_a = R \sin \omega t + Vt, \quad (2.41)$$



После преобразования этого выражения получают уравнение, которое связывает в безразмерной форме все геометрические и кинематические параметры роторных граблей, обеспечивающих качественное выполнение технологического процесса:

$$\frac{2\pi\lambda}{Z} = \sqrt{1-\lambda^2} - \sqrt{K^2 - \lambda^2} - \lambda \arccos \left[ \frac{1}{K} (\lambda^2 + \sqrt{1-\lambda^2} \sqrt{K^2 - \lambda^2}) \right]. \quad (2.45)$$

Уравнение (2.45) справедливо при  $K > \lambda$ . В противном случае траектории точек граблин превращаются в кривые, которые не имеют максимумов относительно  $y$ .

Заполнить табл. 2.15 согласно варианту исходных данных (табл. 2.16)

Таблица 2.15

Исходные данные

Номер варианта	$D$ , м	$Z$ , шт.	$B$ , м	$V$ , м/с	$\omega$ , с <sup>-1</sup>

Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

### Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

- изобразить на миллиметровой бумаге схему согласно рис. 2.13;
- построить графически траекторию перемещения крайних точек граблин;
- определить теоретически качество процесса сгребания массы.

Таблица 2.16

Варианты исходных данных

Номер варианта	$D$ , м	$Z$ , шт.	$B$ , м	$V$ , м/с	$\omega$ , с <sup>-1</sup>
1	2,6	2	0,4	1,0	1,0
2	2,8	4	0,6	1,5	1,2
3	3,0	6	0,8	2,0	1,4
4	3,2	8	0,2	2,5	1,6

Номер варианта	$D$ , м	$Z$ , шт.	$B$ , м	$V$ , м/с	$\omega$ , с <sup>-1</sup>
5	2,6	10	0,4	1,0	1,0
6	2,8	2	0,6	1,5	1,2
7	3,0	4	0,8	2,0	1,4
8	3,2	6	0,2	2,5	1,6
9	2,6	8	0,4	1,0	1,0
10	2,8	10	0,6	1,5	1,2
11	3,0	6	0,8	2,0	1,4
12	3,2	8	0,2	2,5	1,6

### Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу роторных граблей?
2. Что характеризует коэффициент  $\lambda$ ?
3. Что характеризует коэффициент  $K$ ?
4. Как определяется качество процесса сгребания скошенной массы?
5. Какие траектории описывают в пространстве точки граблин в абсолютном движении? По каким уравнениям они движутся?

## 2.8. Определение скорости движения теребивильной цепи при тереблении корнеплода теребивильным аппаратом цепочно-лапчатого типа

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса теребления корнеплодов из почвы; построить схему для расчета параметров теребивильного аппарата цепочно-лапчатого типа.

**Оснащение рабочего места:** рабочий орган теребивильного аппарата цепочно-лапчатого типа, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** рассчитать и построить схему для определения скорости движения цепочно-лапчатого захвата теребивильного аппарата свеклоуборочного комбайна.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.18). Необходимые расчеты производятся согласно рис. 2.14 и 2.15.

Для извлечения корнеплода из земли требуется наименьшее усилие, если направление абсолютной скорости движения конца теребивильных лап совпадает с осью корня (рис. 2.14).

Из треугольника скоростей (рис. 2.15) получают соотношение

$$\frac{V_{\text{ц}}}{V_{\text{м}}} = \frac{\sin(90^\circ - \alpha_{\text{л}})}{\sin[90^\circ - (\alpha_{\text{ц}} - \alpha_{\text{л}})]}, \quad (2.46)$$

где  $V_{\text{ц}}$  – скорость цепи теребивильного аппарата, м/с;

$V_{\text{м}}$  – скорость свеклоуборочного комбайна, м/с;

$\alpha_{\text{ц}}$  – угол наклона рабочей ветви теребивильного аппарата, град.;

$\alpha_{\text{л}}$  – угол наклона подкапывающей лапы, град.,

откуда

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{м}} \frac{\cos \alpha_{\text{л}}}{\cos(\alpha_{\text{ц}} - \alpha_{\text{л}})}. \quad (2.47)$$

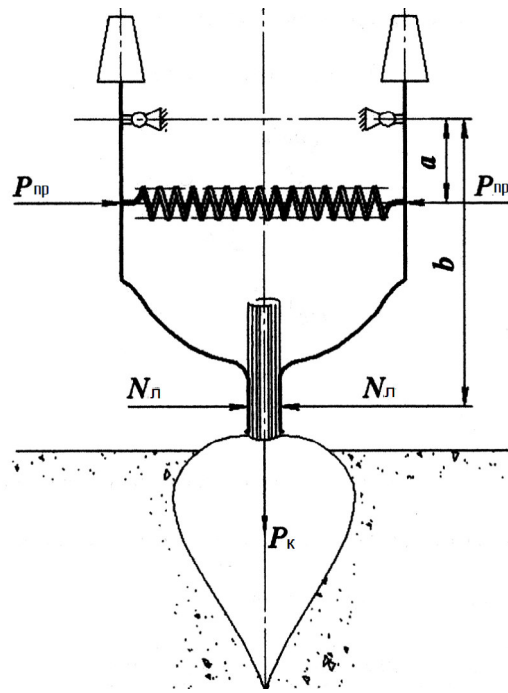


Рис. 2.14. Технологическая схема теребильного аппарата цепочно-лапчатого типа

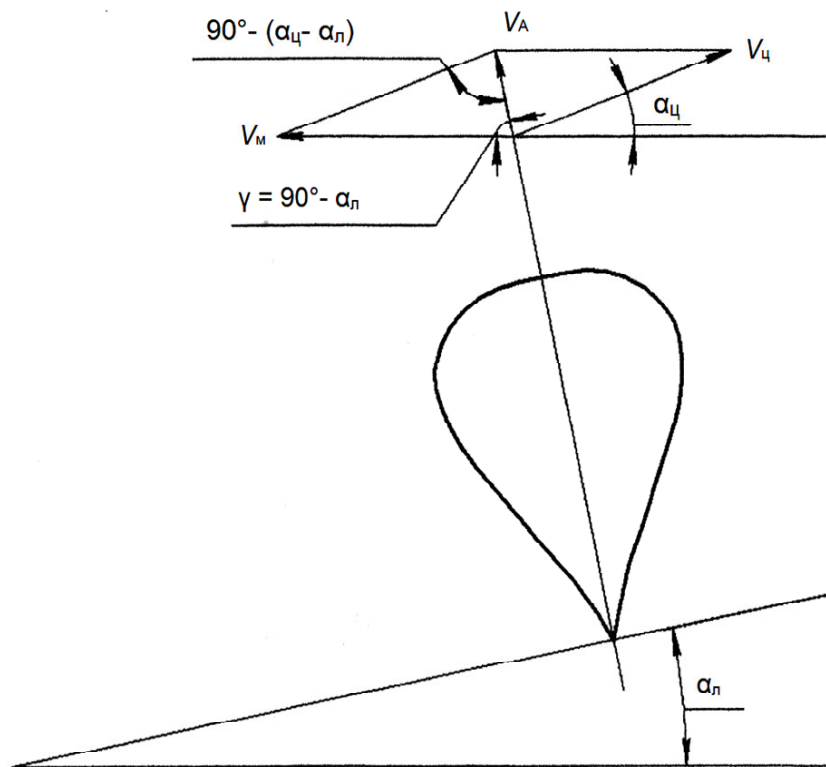


Рис. 2.15. Схема к расчету скорости теребильной цепи аппарата цепочно-лапчатого типа

Необходимо определить значения скорости теребильной цепи, при которых сохраняется допустимое отклонение угла теребления корнеплодов от их осевой линии.

За допустимое отклонение  $V_A$  от оси корнеплодов принимают угол тербления  $\pm\alpha_T$  (рис. 2.16). Для обеспечения угла  $\alpha_T$  в допустимых пределах необходимо согласовать скорости  $V_M$  и  $V_{II}$ . Из треугольника скоростей (рис. 2.16) получают

$$\operatorname{ctg}\gamma = \frac{V_M - V_{II} \cos\alpha_{II}}{V_{II} \sin\alpha_{II}}, \quad (2.48)$$

откуда

$$V_{II} = \frac{V_M}{\sin\alpha_{II} \operatorname{ctg}\gamma + \cos\alpha_{II}}. \quad (2.49)$$

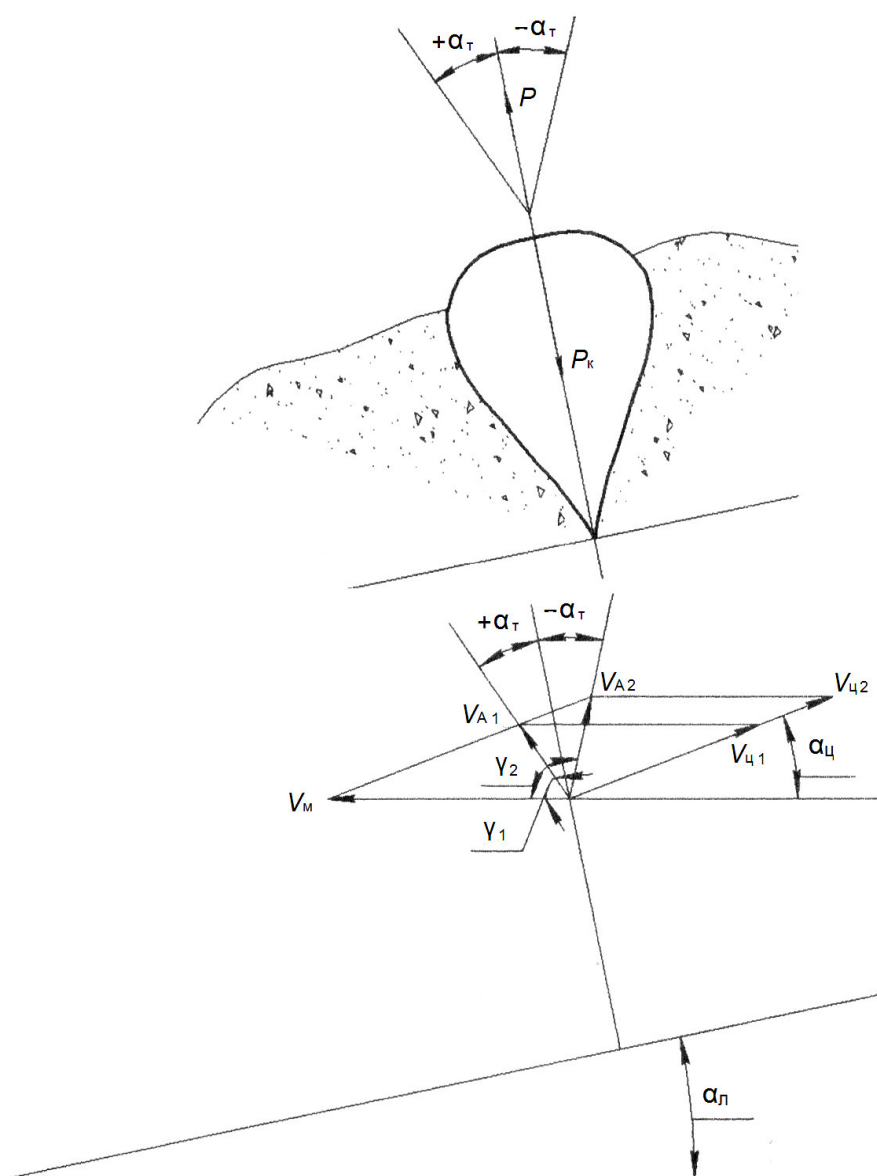


Рис. 2.16. Схема направления тербления корнеплодов

При  $\alpha_T = +30^\circ$  угол  $\gamma_1 = 90^\circ - \alpha_L - \alpha_T$ ; при  $\alpha_T = -30^\circ$  угол  $\gamma_2 = 90^\circ - \alpha_L + \alpha_T$ .

После нахождения значений углов  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  определяют значения скорости  $V_{ц1}$  и  $V_{ц2}$ , установив таким образом интервал скоростей теребильной цепи.

Заполнить табл. 2.17 согласно варианту исходных данных (табл. 2.18).

Таблица 2.17

Исходные данные

Номер варианта	$V_M$ , м/с	$\alpha_{ц}$ , град.	$\alpha_L$ , град.	$\alpha_T$ , град.

В соответствии с исходными данными определить технологические параметры работы теребильного аппарата цепочно-лапчатого типа (рис. 2.15, 2.16):

- скорость движения цепи теребильного аппарата;
- интервал скоростей движения цепи теребильного аппарата.

Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

### Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

- изобразить на миллиметровой бумаге схему расчета скорости теребильной цепи аппарата цепочно-лапчатого типа;
- изобразить на миллиметровой бумаге схему направления теребления корнеплода;
- определить скорость цепи и интервалы ее варьирования.

Таблица 2.18

Варианты исходных данных

Номер варианта	$V_M$ , м/с	$\alpha_{ц}$ , град.	$\alpha_L$ , град.	$\alpha_T$ , град.
1	1,0	17	15	30
2	1,5	16	14	35
3	2,0	15	16	25
4	2,5	18	13	20

Номер варианта	$V_m$ , м/с	$\alpha_{ц}$ , град.	$\alpha_{л}$ , град.	$\alpha_{т}$ , град.
5	1,0	17	15	30
6	1,5	16	14	35
7	2,0	15	16	25
8	2,5	18	13	20
9	1,0	17	15	30
10	1,5	16	14	35
11	2,0	15	16	25
12	2,5	18	13	20

### Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу теребильного аппарата?
2. Что такое угол наклона рабочей ветви цепи теребильного аппарата?
3. Что характеризует угол наклона подкапывающей лапы?
4. Как определяются предельные интервалы варьирования скорости цепи теребильного аппарата?

## 2.9. Определение скорости движения теребильных ремней при работе льнотеребильной машины

**Цель работы:** определить основные технологические показатели процесса теребления льна; построить схему для определения абсолютной скорости и перемещения точки захвата стеблей при тереблении льна.

**Оснащение рабочего места:** навесная льнотеребилка, схемы, плакаты, методические указания, измерительный инструмент.

**Содержание работы:** рассчитать и построить схему для определения абсолютной скорости движения ремней теребильного аппарата льноуборочного комбайна.

### Методика выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально согласно исходным данным, представленным в конце практической работы (табл. 2.20). Необходимые расчеты производятся согласно рис. 2.17.

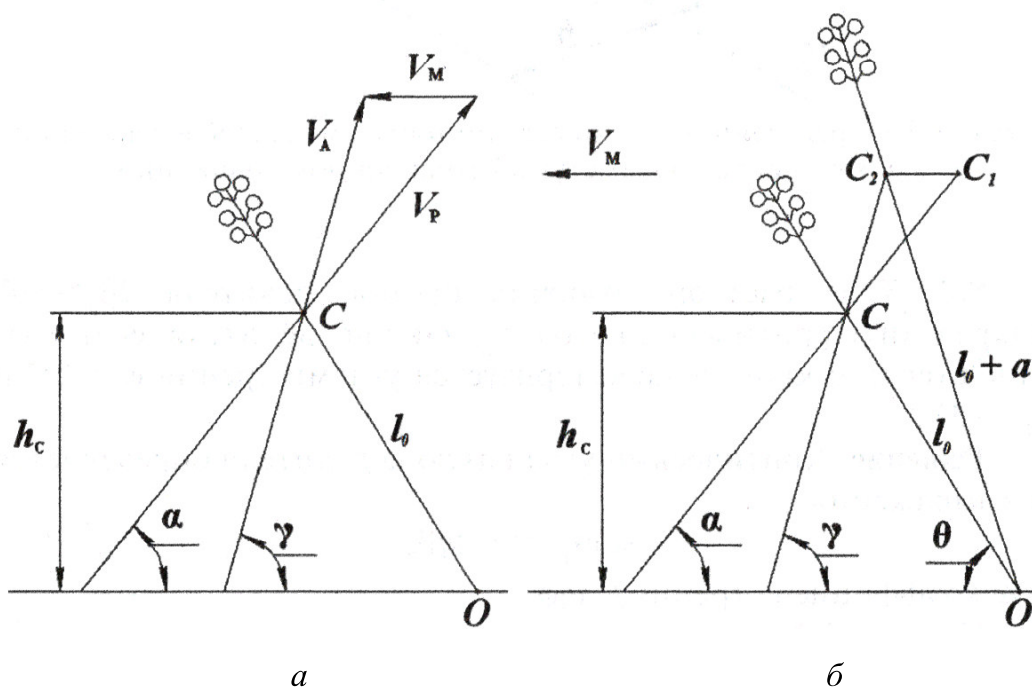


Рис. 2.17. Схема для определения абсолютной скорости (а) и перемещения (б) точки С захвата стеблей при тереблении

При работе льнотеребильной машины, движущейся со скоростью  $V_M$ , с углом наклона теребильного аппарата  $\alpha$ , скоростью движения теребильных ремней  $V_p$ , высотой расположения точки захвата стеблей  $h_c$ , расчетной длиной корня  $a$  и расстоянием от начала корня до точки зажима стебля  $l_0$  центральный стебель будет захватываться согласно рис. 2.17,  $a$  в точке  $C$ . Длина комлевой части стебля в момент захвата (рис. 2.17, б) равна  $l_0 = CO$ . В момент выдергивания стебля (рис. 2.17, б) комлевая его часть

$$C_2O = l_0 + a. \quad (2.50)$$

Заполнить табл. 2.19 согласно варианту исходных данных (табл. 2.20).

Таблица 2.19

Исходные данные

Номер варианта	$\alpha$ , град.	$V_M$ , м/с	$V_p$ , м/с	$h_c$ , см	$a$ , см	$l_0$ , см

В соответствии с исходными данными определить технологические и конструктивные параметры процесса теребления стеблей льна:

– относительное перемещение точки зажима стеблей льна (нагруженной части ремней) за время выдергивания стебля  $t_T$ :

$$S_p = CC_1 = V_p t_T; \quad (2.51)$$

– перемещение машины за это же время

$$S_M = V_M t_T; \quad (2.52)$$

– абсолютное перемещение точки  $C$

$$S_C = CC_2 = V_C t_T; \quad (2.53)$$

– время теребления

$$t_T = \frac{S_C}{V_C}. \quad (2.54)$$

Абсолютная скорость  $V_C$  точки  $C$  определяется из треугольника скоростей (рис. 2.17, а):

$$V_C = \sqrt{V_M^2 + V_P^2 - 2V_M V_P \cos \alpha}. \quad (2.55)$$

Абсолютное перемещение точки  $C$  находится из  $\Delta OCC_2$  (рис. 2.17, б):

$$S_C = l_0 \cos(\gamma + \theta) + \sqrt{l_0^2 \cos^2(\gamma + \theta) + (l_0 + a)^2 - l_0^2}, \quad (2.56)$$

причем

$$\gamma = \arcsin \left( \frac{V_P}{V_C} \sin \alpha \right); \quad (2.57)$$

$$\theta = \arcsin \frac{h_C}{l_0}. \quad (2.58)$$

Тогда нагруженная часть теребильного ручья

$$S_p = V_p \frac{S_C}{V_C}. \quad (2.59)$$

Выполнить сравнительный анализ результатов, полученных расчетным путем.

### Порядок выполнения работы

Согласно приведенной методике:

- изобразить на миллиметровой бумаге схему для определения абсолютной скорости и перемещения точки  $C$ ;
- определить абсолютную скорость точки  $C$ ;
- определить абсолютное перемещение точки  $C$ ;
- определить нагруженную часть теребильного ручья.

Варианты исходных данных

Номер варианта	$\alpha$ , град.	$V_M$ , м/с	$V_P$ , м/с	$h_c$ , см	$a$ , см	$l_0$ , см
1	36	1,2	2,8	20	5	22
2	34	1,4	3,0	22	6	24
3	32	1,6	3,2	24	7	26
4	38	1,8	3,4	26	4	28
5	36	1,2	2,8	20	5	22
6	34	1,4	3,0	22	6	24
7	32	1,6	3,2	24	7	26
8	38	1,8	3,4	26	4	28
9	36	1,2	2,8	20	5	22
10	34	1,4	3,0	22	6	24
11	32	1,6	3,2	24	7	26
12	38	1,8	3,4	26	4	28

### Контрольные вопросы

1. Какие основные показатели характеризуют работу льнотеребиллок?
2. Что такое нагруженная часть теребильного ручья?
3. Что характеризует угол наклона теребильного аппарата?
4. Как определяется высота расположения точки захвата стеблей?
5. Как определяется расстояние от начала корня до точки зажима стебля?