

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 01.12.2018 06:15:31

Уникальный программный идентификатор:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»  
Инженерно-технологический институт

Кафедра проектирования  
и механизации технологических  
процессов

## Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Методические указания по выполнению практических занятий и самостоятельной работы обучающихся по направлению 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»

*Электронное издание*

Уссурийск 2018

УДК

Шишлов А. Н.. Технологии и средства механизации сельского хозяйства: методические указания по практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» [Электронный ресурс]: / сост. А. Н. Шишлов; ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. – Электрон. текст дан. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2018. – 41 с. – Режим доступа: [www.de.primacad.ru](http://www.de.primacad.ru).

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины (модуля).

Включают краткое содержание разделов дисциплины (модуля), указания для выполнения практических занятий.

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

*Электронное издание*

Рецензент: Д.А. Ломоносов, канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры  
Инженерного обеспечения предприятий АПК

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская  
ГСХАМИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

## Задание № 1

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВЕНА ЗУБОВОЙ БОРОНЫ****Содержание задания**

Спроектировать звено зубовой бороны типа зиг-заг, определить форму рамы и конструктивные размеры бороны. Размещение зубьев на раме бороны должно отвечать следующим требованиям.

1. Каждый зуб проводит свою бороздку и по одной бороздке должен проходить только один зуб.

2. Бороздки по всей ширине захвата бороны должны быть расположены на одинаковых друг от друга расстояниях, равных заданной величине междурядья  $a$ . При работе бороны наличие необработанных полосок (пропусков) или перекрытий недопустимо.

Для проектирования бороны задаются следующие исходные данные:  $a$  - величина междурядья (мм);  $M$  - число поперечных планок;  $N$  - число продольных (зигзагообразных) планок;  $K$  - число ходов основного винта;  $h$  - расстояние между поперечными планками (мм);  $K_1$  - число ходов дополнительного винта;  $h_1$  - расстояние между крайними и соседними планками.

Примерные значения исходных данных для заданий приведены в табл. 1 приложений.

В результате выполнения задания должно быть построено зубовое поле, произведены необходимые расчеты, а также представлены контур звена, выполненный в масштабе 1:2 или 1:5, и рабочий чертеж зуба бороны.

**Порядок выполнения задания**

На основании исходных данных сначала определяется тип проектируемой бороны: тяжелая, средняя, легкая (таблица 1); последующая работа складывается из:

- 1) построения зубового поля;
- 2) выбора формы рамы и построения контура звена бороны;
- 3) определения конструктивных размеров звена.

**Построение зубового поля.** Требования, предъявляемые к размещению зубьев бороны, могут быть выполнены, если последние располагать на развертке многоходового винта в точках пересечения винтовых линий с образующими цилиндра, удаленными друг от друга на равные расстояния.

Таблица 1 – Характеристика рабочих органов борон

Типы борон	Междурядья, мм	Глубина хода зуба, мм	Расстояние между рядами зубьев, мм		Вес бороны на 1 зуб, кг	Тяговое сопротивление на 1 зуб, кг
			h	h <sub>1</sub>		
Тяжелые	50-75	75-125	300-450	150-300	1,6-2,0	4,0-5,0
Средние	40-55	40-75	250-350	100-200	0,6-1,0	1,0-1,5
Легкие	25-35	20-40	200-300	100-200	0,6-1,0	1,0-1,5

Для построения зубового поля, представляющего развертку на плоскость винта с числом ходов **K**, необходимо сделать следующее.

1. На листе бумаги нанести горизонтальные образующие 1-1, 2-2 и т.д. (приложение А) в количестве (**M+1**), расположив их друг от друга на одинаковые расстояния, равные **h**.

2. От выбранной точки А на первой образующей отложить отрезков, равных шагу **v** заданного винта. При этом

$$v = M \cdot a, \quad (1)$$

Общая длина АВ отложенных отрезков будет равна ходу винта

$$t = v \cdot K, \quad (2)$$

3. Из точки В восстановить перпендикуляр СВ и точку С пересечения его с верхней образующей соединить с точкой А наклонной прямой АС, представляющей первую винтовую линию в развертке основного винта с числом ходов  $K$ . Далее, через концы отрезков, равных  $v$ , проводят другие наклонные прямые, параллельные линии АС.

4. При построении зубового поля, помимо развертки основного винта, необходимо построить развертку дополнительного винта, имеющего число ходов

$$K_1 = M - K, \quad (3)$$

Для построения развертки дополнительного винта необходимо: а) от точки В на первой образующей отложить вправо  $K_1$  отрезков, равных шагу  $v = M \cdot a$  дополнительного винта; общая длина ВД отложенных отрезков будет равна

$$t_1 = K_1 \cdot v, \quad (4)$$

б) точку С пересечения перпендикуляра с первой образующей соединить наклонной прямой СД с точкой Д; прямая СД представляет развертку винтовой линии дополнительного винта;

в) для окончания построения зубового поля необходимо провести вправо и влево от точки В ряд наклонных прямых, параллельных основной развертке и удаленных друг от друга на расстояние  $v$ , а также ряд других прямых, параллельных развертке СД дополнительного винта.

### Выбор формы и построение контура звена бороны

Зубовое поле, построенное на  $(M+1)$  образующих, представляет полную развертку винта, в которой верхняя образующая 1-1 повторяет первую образующую 1-1. Таким образом  $M$  поперечных планов должны

быть расположены на  $M$  образующих. Верхняя образующая 1-1 нужна лишь для построения зубового поля. Форма рамы бороны может быть различной в зависимости от того, как расположить зигзагообразные планки. Средняя часть каждой продольной зигзагообразной планки может быть направлена или по развертке основного винта, или по развертке дополнительного винта. При правильном выборе формы бороны должна обеспечить сплошную обработку поля, т.е. без пропусков.

Порядок построения контура звена удобнее проследить на конкретном примере. Пусть заданы следующие исходные данные: междурядье  $a = 50$  мм, число поперечных планок  $M=5$ , число продольных планок  $N = 4$ , число ходов основного винта  $K=2$ , расстояние между поперечными планками  $h = 300$  мм. Расчет и построения ведем в следующем порядке:

1. Строим зубовое поле для указанных исходных данных, для чего:

а) проводим  $(M-1)=6$  образующих, располагая их на расстоянии  $h=300$  мм (приложение А) друг от друга;

б) на первой образующей от выбранной точки А откладываем ряд отрезков, равных шагу  $v = M_{\text{ха}} = 5 \cdot 50 = 250$  мм;

в) из точки В, удаленной от точки А на расстоянии  $t = v \cdot K = 250 \cdot 2 = 500$  мм, восстанавливаем перпендикулярно СВ и точку С соединяем с точкой А; далее, через концы отрезков  $v$  проводим ряд прямых линий, параллельных АС.

г) на первой образующей отмечаем точку Д, удаленную от точки В на расстояние  $t_1 = K_1 \cdot v = (M-K) \cdot v = 3 \cdot 250 = 750$  мм, соединим точки С и Д прямой, проводим ряд прямых линий, параллельных СД.

2. Строим контур звена бороны, для чего:

а) среднюю часть продольных зигзагообразных планок располагаем вдоль развертки основного винта между 2-й и 4-й образующими (приложение А);

б) крайние части продольных планок располагаем вдоль развертки дополнительного винта внизу между 1-й и 2-й образующими и вверху между 4-й и 5-й;

в) для проверки правильности выбора формы звена проектируем на 1-ю образующую все точки пересечения поперечных планок с продольными, т.е. точки, в которых должны быть укреплены зубья борона.

В результате проектирования оказалось следующее:

- 1) по одному следу проходит только один зуб;
- 2) все бороздки удалены друг от друга на одинаковые расстояния, равные заданному междурядью  $a$ , и пропуски отсутствуют.

На основании отмеченного делаем вывод, что выбранные форма звена и порядок размещения зубьев на зубовом поле удовлетворяют поставленным требованиям.

**Примечание.** Построением можно убедиться, что при заданных условиях расположение средней части зигзагообразных планок по направлению развертки дополнительного винта приводит к наличию пропусков (приложение А). Крайние бороздки в этом случае будут удалены от соседних на расстояние равное двум междурядьям, т.е. борона будет давать два пропуска, что недопустимо.

3. Для уменьшения забиваемости бороны растительными остатками расстояния ( $h$ ) между средними поперечными планками делают больше, чем между крайними.

В этих случаях зубья, расположенные на крайних планках, оказываются смещенными с развертки винтовой линии, так как иначе нельзя сохранить междурядья одинаковой величины.

Построение контура звена, у которого крайние планки расположены на расстоянии  $h_1$  от соседних, а средние на заданном расстоянии  $h$ , можно выполнить следующим образом:

- а) на ранее построенном зубовом поле проводят дополнительные образующие 1"-1" и 5" - 5" (приложение А), удаленные от 2-й и 4-й

образующих на расстояние  $h_1$ , где  $h_1 < h$  и может быть выбрано по таблице;

б) с 1-ой и 5-ой образующих точки расположения зубьев проектируют соответственно на 1" - 1" и 5" - 5" дополнительные образующие;

в) крайние части зигзагообразных планок, расположенные между 1-ой и 2-ой, а также между 4-ой и 5-ой образующими, подгибают таким образом, чтобы проекции точек на дополнительных образующих оказались на пересечениях этих образующих с продольными планками;

г) чтобы при указанной перестройке не нарушать постоянство междурядий  $a$ , необходимо сохранить общий порядок работы зубьев. Для пятипланочной бороны порядок работы зубьев будет: 41352 или 25314 в зависимости от направления движения звена. Это означает, что первая слева бороздка проводится зубом, расположенным на 4-й поперечной планке, вторая - зубом на 1-й планке, третья - зубом на 3-ей планке, четвертая - зубом на 5-й планке и пятая - зубом на 2-й планке. Для бороны с иным числом планок порядок работы зубьев также будет иным.

При наличии на бороне иного числа планок ширина  $B_0$  может быть определена непосредственно из построения контура звена.

### Определение конструктивных размеров звена

Размеры звена - ширина, длина, а также размеры зубьев, определяются следующим образом.

1. Ширина  $B_0$  звена пятипланочной бороны определяется по формуле

$$B_0 = [M \cdot (N - 1) + 2K] \cdot a, \quad (5)$$

Для условий рассмотренного выше примера ширина звена будет равна  $B_0 = [5 \cdot (4 - 1) + 2 \cdot 2] \cdot a = 19 \cdot a = 950$  мм.

Полученное значение  $B_0$  должно удовлетворять условию

$$B_0 = (Z - 1) \cdot a, \quad (6)$$

где  $Z = M \cdot N$ , есть число зубьев, размещаемых на бороне.

Для наших условий число зубьев равно  $Z = 5 \cdot 4 = 20$ , следовательно ширина  $B_0 = 19 \cdot a$ , т.е. результат получился тот же, что и при расчете по формуле (5). Это свидетельствует о правильности размещения зубьев, так как каждый зуб должен проводить свою самостоятельную бороздку.

Следует отметить, что размер  $B_0$  определяется расстоянием между серединами крайних бороздок. Ширина  $B$  обрабатываемой полосы, т.е. ширина  $B$  захвата бороны больше  $B_0$  на величину одного междурядья, т.е.

$$B = B_0 + a, \quad (7)$$

2. Длина  $L_3$  звена, т.е. расстояние между крайними (по ходу бороны) зубьями определяется по формуле:

$$L_3 = h + \frac{h_1}{2 \cdot (M - 1)}, \quad (8)$$

3. Размеры и форма зуба (приложение А) в зависимости от назначения бороны принимаются в соответствии с ГОСТ 1371-48 по таблице.

Таблица 2 - Размеры зубьев борон ( мм )

Параметры	Обозн. на рисунке	ЗБЗТ-1,0	ЗБЗС-1,0	ЗБП-0,6	ШБ-2,5
Сечение профиля зуба		16x16	16x16	-	-
Длина:					
рабочей части		180	155	100	100
заостренной		40	40	25	25
высадки		15	15	10	4
Длина обточенной части:					
с длинным зубом		42	44	40	-
с коротким зубом		34	36	35	24
Длина нарезной части		22	22	22	21
Диаметр нарезки		1/2"	М 12	М 10	М 10

Таблица 3 – Исходные данные к заданию по теме "Проектирование звена зубовой бороны"

Предпоследняя цифра шифра	Обозначение параметров	Последняя цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	K <sub>1</sub>	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	h	200	250	300	350	400	450	500	500	400	450
	h <sub>1</sub>	150	200	250	300	350	400	450	450	350	400
	a	30	35	40	45	50	55	60	55	40	30
2	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	K <sub>1</sub>	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	h	200	220	250	300	350	400	450	500	400	450
	h <sub>1</sub>	150	270	200	250	300	350	400	450	350	400
	a	40	45	50	55	40	45	45	50	60	60
3	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	K <sub>1</sub>	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	h	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
	h <sub>1</sub>	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310
	a	30	30	40	40	45	45	45	50	50	50

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	K <sub>1</sub>	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	h	370	380	390	400	410	420	430	440	450	500
	h <sub>1</sub>	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410
	a	60	60	70	70	70	45	55	60	55	55
5	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	K <sub>1</sub>	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	h	300	350	400	450	500	200	150	200	300	400
	h <sub>1</sub>	250	300	350	400	450	150	100	150	250	350
	a	30	40	45	50	55	60	65	45	35	30
6	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	K <sub>1</sub>	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	h	200	350	200	300	400	450	500	500	400	300
	h <sub>1</sub>	150	300	150	250	350	400	450	450	350	250
	a	40	50	35	60	20	30	35	40	45	50
7	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	K	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2

Продолжение таблицы 3

	$K_1$	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	$h$	180	190	210	200	220	230	240	250	260	270
	$h_1$	150	140	160	150	170	180	190	200	210	220
	$a$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	50
8	$M$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	$N$	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	$K$	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	$K_1$	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	$h$	230	240	250	260	270	280	290	400	300	310
	$h_1$	280	190	200	210	220	230	240	350	250	260
	$a$	30	35	40	45	50	55	60	50	55	45
9	$M$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	$N$	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	$K$	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	$K_1$	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	$h$	200	210	220	230	240	245	250	255	300	310
	$h_1$	150	160	170	180	190	200	200	205	250	250
	$a$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
0	$M$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	$N$	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	$K$	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	$K_1$	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
	$h$	400	420	430	440	450	460	470	480	490	500
	$h_1$	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440
	$a$	20	30	40	45	50	55	60	65	70	75

## Задание № 2

### КИНЕМАТИКА ПРОЦЕССА РАБОТЫ МОТОВИЛА

Движение планок мотовила складывается из переносного и относительного движений.

Переносное движение - это движение мотовила вместе с машиной со скоростью  $V$ .

Относительное движение - это вращение планок относительно оси мотовила по окружности со скоростью

$$u = W \cdot R, \quad (1)$$

где  $W$  - угловая скорость вращения мотовила,  $c^{-1}$ ;

$R$  - радиус мотовила,  $M$ .

Если движение планок мотовила рассматривать в прямоугольной системе координат и ось  $y$  расположить по направлению движения машины, а ось  $z$  вертикально (приложение Б), то движение планки мотовила выразится уравнениями:

$$Z = R \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

$$Y = R \left( \frac{V}{u \cdot \varphi} + \cos \varphi \right) \quad (3)$$

где  $\varphi$  - угол поворота мотовила.

Уравнения (2) и (3) являются уравнениями абсолютного движения любой точки планки мотовила. Задаваясь постепенно возрастающими значениями угла  $\varphi$ , можно, пользуясь этими уравнениями, вычислить координаты  $Z$  и  $Y$  отдельных точек абсолютной траектории и построить траекторию абсолютного движения какой-либо точки планки. Более

удобным, с практической точки зрения, следует считать графический метод. Этот метод подробно описан в практической части.

Перемещение машины  $S$  за один оборот мотовила определяется по формуле:

$$S = \frac{v \cdot 60}{n}, \quad (4)$$

Учитывая, что число оборотов мотовила в 2 мин можно записать:

$$n = 30 \cdot \frac{w}{\pi}, \quad S = 2\pi R \cdot \frac{v}{u}.$$

При  $\frac{v}{u} < 1$  траектория абсолютного движения точки планки мотовила представляет собой удлиненную циклоиду и образует петлю. Ширина петли характеризует захватывающую способность планки мотовила и измеряется длиной наибольшей горизонтальной хорды  $2B$  (приложение Б).

Длина горизонтальной хорды  $2B$  на любой высоте нижней части петли может быть рассчитана по формуле:

$$2B = 2R \cdot \left[ \cos \varphi - \left( \frac{v}{u} \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) \right) \right], \quad (5)$$

где  $R$  - радиус мотовила, м;

$\varphi$  - угол поворота планки мотовила от горизонтального положения, град, радиан.

Например, для горизонтальной хорды  $K-K_1$  (приложение Б) угол  $\varphi$  между радиусом  $KO_4$  и траекторией движения оси мотовила может быть найден из выражения:

$$\sin \varphi = \frac{R-h}{R} = 1 - \frac{h}{R}, \quad (6)$$

Уравнение (6) показывает зависимость угла от глубины  $h$  погружения планок в стебли.

Наибольшую ширину петли  $MN = 2B_{max}$  можно определить по формуле (5), если вместо угла  $\varphi$  подставить угол  $\varphi_M$ , величину которого можно определить (Рисунок 1) из соотношения:

$$\sin \varphi_M = \frac{v}{u}, \quad (7)$$

Планки мотвила могут пригибать стебли к режущему аппарату только в той части петли, которая расположена ниже  $MN$ . Поэтому ось мотвила по высоте должна быть установлена так, чтобы вершины стеблей располагались не выше  $MN$ .

Определяя глубину погружения планок в стебли, следует учитывать, что планки должны подхватывать стебли не ниже их центра тяжести. На основании опытных данных центр тяжести срезанных стеблей находится примерно на расстоянии  $1/3$  их длины от вершины колосьев.

Учитывая эти соображения, глубина  $h$  погружения планок в стебли должна удовлетворять условия:

$$\frac{1}{3}l > h < H_{max}, \quad (8)$$

где  $l$  - длина срезанных стеблей, м;

$H_{max}$  - расстояние от наибольшей хорды  $MN$  до нижней точки петли, м.

Расстояние  $H_{max}$  (приложение Б) от наибольшей горизонтальной хорды  $MN$  до нижней точки петли можно определить по формуле:

$$H_{max} = R \cdot \left(1 - \frac{v}{u}\right), \quad (9)$$

Ширина участка  $v$ , с которого при содействии планки мотовила срезаются стебли, может быть определена графически или вычислена по формуле:

$$v = B + a \cdot \left(1 - \frac{v}{u}\right), \quad (10)$$

где  $B$  - половина ширины хорды петли на уровне вершины срезанных стеблей, м;

$a$  - максимально допустимый вынос мотовила (определяется графическим способом, подробно описанным в практической части).

Степень воздействия мотовила определяется по формуле:

$$\eta = B \cdot \frac{Z}{S}, \quad (11)$$

где  $Z$  - число планок.

Излагая процесс совместной работы режущего аппарата и планки мотовила, мы отвлекаемся от реальной действительности и не учитываем воздействия стеблей друг на друга. Фактически ширина участка  $v_{\phi}$  больше найденного нами значения  $v$ . Объясняется это тем, что стебли, на которые воздействуют планки, передают давление соседним стеблям. На основании опытных данных

$$v_{\phi} = \frac{4}{3} \cdot v, \quad (12)$$

### Содержание задания

Исходные данные к каждому варианту берут из приложения 1.

1. Провести предварительные расчеты по определению:

а) линейной скорости планки;

б) отношения скорости машины к скорости планки:

- в) перемещения машины за один оборот мотовила.
2. Построить абсолютную траекторию планки мотовила.
3. Вычислить наибольшую ширину петли и сравнить ее с результатами построения.
4. Определить глубину погружения планки в стебли.
5. Найти максимально допустимый вынос мотовила.
6. Определить ширину участка, с которого стебли срезаются при действии одной планки.
7. Определить воздействия мотовила.

### Выполнение задания

1. Перемещение машины  $S$  за время одного оборота мотовила определяют по формуле (4), а линейную скорость планки - по формуле (1).

2. Построение траектории абсолютного движения планки мотовила выполняют в следующем порядке:

а) строят окружность радиусом  $R$  (приложение Б) и делят ее на некоторое число  $n$  равных частей (16-24). Полученные точки обозначают номерами 0, 1, 2, 3, 4, и т.д., а центр окружности -  $O'$ .

б) откладывают отрезок, равный перемещению  $S$  машины за один оборот мотовила, делят его на такое же число равных частей и обозначают номерами  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ , и т.д.

в) из точек 1, 2, 3, 4 и т.д. на окружности проводят горизонтальные прямые (линии, параллельные траектории движения оси мотовила), а из точек  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$  и т.д. - линии  $1-1''$ ,  $2-2''$  и т.д., параллельные соответствующим  $O'-1$ ,  $O'-2$ ,  $O'-3$  и т.д. радиуса мотовила.

Точки  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$  и т.д. будут точками абсолютной траектории планки мотовила. Соединяя их планкой кривой, получим траекторию абсолютного движения планки. В процессе построения следует учесть, что все прямые  $1-1''$ ,  $2-2''$ ,  $3-3''$  и т.д. должны быть равны по длине радиусу мотовила.

3. Замеряют наибольшую ширину петли MN и сравнивают ее с результатами вычисления по формулам (5) и (7).

4. Находят глубину  $h$  погружения планок в стебли, учитывая условие, определяемое выражением (8). Длину срезанной части стебля принимают

$$l = 0,75 \cdot R .$$

5. Определяют максимально допустимый вынос мотовила  $a$ . Для этого проводят следующие построения:

а) от нижней точки петли откладывают размер  $h$  и находят точку K, определяющую положение верхушек стеблей;

б) от точки K перпендикулярно линии движения оси мотовила, откладывают длину стебля L и отмечают точку O<sub>2</sub>. В данной точке стебель считают закрепленным в почве. Длину стебля принимают

$$L = l + 100 \text{ мм},$$

где 100 мм - высота стерни;

в) находят точку  $m$ , которая определяет момент выскользывания стеблей из-под планки. Ввиду значительной сложности определения этой точки (с учетом изгиба стеблей) процесс наклона стеблей планкой упрощают и принимают, что стебли закреплены в почве шарнирно. Описав дугу из точки O<sub>2</sub> радиусом, равным L, находят положение точки  $m$ ;

г) из точки  $m$  радиусом, равным радиусу R мотовила, делают засечку на линии движения его оси и определяют точку O<sub>3</sub>. Она показывает положение оси в момент, когда планка находится в точке  $m$ ;

д) следует учесть, что в действительности стебли закреплены в почве жестко и при воздействии на них планок мотовила изгибаются. Поэтому, чтобы устранить возможность выскользывания стеблей, принимают, что в момент, когда планка находится в точке  $m$ , режущий аппарат должен располагаться по вертикали O<sub>2</sub>K в точке  $n_2$ . Вынос мотовила замеряется по горизонтали между его осью (точка O<sub>3</sub>) и режущим аппаратом (точка  $n_2$ ). Этот вынос считают максимальным, так как увеличение его может вызвать выскользывание стеблей из-под планки мотовила.

Вынос может быть: положительным, когда ось мотовила расположена впереди режущего аппарата по ходу машины; отрицательным, если ось находится позади аппарата; равным нулю, когда ось расположена над режущим аппаратом.

б. Ширину участка  $b$  стеблей, срезаемых режущим аппаратом при содействии планки мотовила, рассчитывают по формуле (10) и сравнивают ее с результатом графического построения. Графически участок  $b$  находят следующим образом:

а) на линии движения оси мотовила от центра  $O'$  откладывают отрезок  $O' - C_1$ , равный  $a$  - выносу мотовила с учетом знака. Например, при отрицательном выносе размер  $a$  откладывают от центра  $O'$  в сторону направления движения машины;

б) проектируют точку  $C_1$  на окружность и отмечают точку  $C_2$ . Когда мотовило вращается, а машина стоит, точка  $C_2$  показывает положение планки на траектории относительного движения в момент, когда планка оказывается расположенной на одной вертикали с ножом;

в) проектируют точку  $C_2$  на траекторию абсолютного движения и отмечают точку  $C$ , которая показывает положение планки на траектории абсолютного движения, когда планка и нож оказываются на одной вертикали при движении машины.

Когда вынос положительный, точка  $C$  располагается позади оси симметрии петли.

Ширина участка  $b$  измеряется по горизонтали расстоянием от вертикали  $O_2K$  до точки  $C$ .

Для уяснения движения планки и ножа от момента вхождения планки в стебли до их срезания найдем положение режущего аппарата в момент погружения планки в стебли. Для этого из точки  $K$  радиусом  $R$  мотовила делаем засечку и определяем центр мотовила  $O_4$  откладываем вынос  $a$  и, спроектировав полученную точку на линию движения ножа, находим искомое положение  $n_1$  режущего аппарата. Движение планки мотовила и

режущего аппарата происходит следующим образом: перемещаясь из точки  $K$  в точку  $C$  планка захватывает стебли на участке  $v$ . В течении этого же времени режущий аппарат пройдет путь  $n_1 - n_3$  и окажется на одной вертикали с точкой  $C$ . За период перемещения планки из точки  $C$  в точку  $m$  режущий аппарат пройдет участок  $n_3 - n_2 = v$ . Следовательно, на участке траектории  $c - m$  планка будет поддерживать стебли с участка  $v$ , когда их перерезает режущий аппарат.

Таблица 4 – Исходные данные к заданию "Изучение процесса работы мотовила"

Номер варианта														Скорость машины, м/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	3					4							0,85
5	6	7					8							0,90
9	10	11					12							0,95
13	14	15	16				17	18						1,0
19	20	21	22				23	24						1,05
	25	26	27				28	29	30					1,1
	31	32	33	34			35	36	37					1,15
	38	39	40	41			42	43	44	45				1,2
	46	47	48	49	50		51	52	53	54				1,25
		55	56	57	58		59	60	61	62				1,3
		63	64	65	66	67	68	69	70	71	72			1,35
			73	74	75	76		77	78	79	80			1,40
			81	82	83	84		85	86	87	88			1,45
			89	90	91	92		93	94	95	96	97		1,50
			98	99	100	101		102	103	104	105	106		1,55
			107	108	109	110		111	112	113	114	115		1,6
			116	117	118	119		120	121	122	123	124		1,65
			125	126	127	128			129	130	131	132	133	1,70
			134	135	136	137			138	139	140	141	142	1,75
			143	144	145	146			147	148	149	150	151	1,80
				152	153	154			155	156	157	158	159	1,85
				160	161	162			163	164	165	166	167	1,90

Продолжение таблицы 4

				168	169	170	170	172	173	174	175	176	177	1,95
				178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	2,0
					188	189	190	191	192	193	194	195	196	2,05
					197	198	199	200	201	202	203	204	205	2,1
						206	207	208	209	210	211	212	213	2,15
						214	215	216	217	218	219	220	221	2,2
Число оборотов мотвила в 1 мин														
22	25	30	35	40	45	50	22	27	32	37	42	47	52	
Диаметр мотвила, мм														
1132							1400							
Число планок														
5							5							

### Задание № 3

## КИНЕМАТИКА РАБОТЫ СЕГМЕНТА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

Режущие аппараты характеризуются следующими параметрами:  $t$  - шаг режущей части, равный расстоянию между осевыми линиями соседних сегментов;  $t_0$  - шаг противорежущей части, равный расстоянию между осевыми линиями соседних пальцев;  $S$  - ход ножа от одного крайнего положения до другого. По отношению этих параметров в задании рассматривают аппараты двух типов: нормального типа  $S=t=t_0$ ; нормального типа с двойным пробегом ножа  $S = 2t = 2t_0$ .

Движение сегмента в процессе работы является результатом сложения двух движений: переносного и относительного. Переносное движение совершается вместе с пальцевым брусом машины по прямой, совпадающей с направлением движения агрегата. Такое движение принято характеризовать величиной подачи  $h$ , т.е. перемещением машины за один ход ножа. Величина подачи определяется выражением:

$$h = \frac{30 \cdot v}{n}, \quad (1)$$

где  $v$  - скорость перемещения уборочной машины, м/с;

$n$  - число оборотов кривошипа в 1 мин;

$$n = n_0 \cdot i,$$

где  $n_0$  - число оборотов карданного вала в 1 мин;

$i$  - передаточное число.

Если рассматривать движение сегмента в прямоугольной системе координат и ось  $y$  расположить в направлении движения машины, а ось  $x$  - вдоль пальцевого бруса, то переносное движение можно представить уравнением:

$$y = \frac{h}{\pi \cdot \alpha}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  - угол поворота кривошипа.

Относительное движение, то есть движение сегмента относительно пальцевого бруса, является колебательным и совершается в направлении, перпендикулярном направлению движения машины. Сегменты приводятся в движение кривошипно-шатунным механизмом. Отношение длины кривошипа  $r$  к длине шатуна  $l$  у кривошипно-шатунного механизма привода ножа уборочных машин находится в пределах от 0,1 до 0,04. Поэтому можно принять, что относительное движение сегмента - гармоническое колебательное движение, которое определяется движением проекции пальца кривошипа на линию движения ножа.

Относительное движение сегмента (рисунок 1) приближенно выражают уравнением:

$$x = \frac{S}{2 \cdot (-\cos \alpha)}, \quad (3)$$

Скорость сегмента

$$u = \frac{S}{2 \cdot \omega \cdot \sin \alpha}, \quad (4)$$

а максимальная скорость

$$u_{max} = \frac{S}{2 \cdot \omega}, \quad (5)$$

Задаваясь последовательно увеличивающимися значениями угла, можно по уравнениям (2) и (3) вычислить координаты  $x$  и  $y$  отдельных точек абсолютной траектории и, следовательно, построить такую траекторию для любой точки сегмента.

Более удобным, с практической точки зрения, следует считать графический метод построения абсолютной траектории любой точки сегмента. Этот метод изложен в практической части.

При работе режущего аппарата часть стеблей отгибается пальцами и сегментами и срезается в наклонном положении. В результате стерня оказывается неодинаковой и больше, чем высота среза, на которую установлен режущий аппарат.

Различают поперечный и продольный отгиб. Поперечный отгиб стеблей, находящихся в разных точках площади между пальцами, будет неодинаков. Максимально возможный поперечный отгиб стеблей характеризуется отрезком  $q$ , проведенным через точку 4 перпендикулярно лезвию сегмента (приложение В) до пересечения с осевой линией  $O_1-O_1$  первого пальца:

$$q = \frac{t_o - \frac{B}{2}}{\cos \alpha}, \quad (6)$$

где  $t_o$  - шаг пальцев, мм;

$B$  - ширина переднего основания пальцевой пластины, мм;

$\alpha$  - угол наклона лезвия сегмента к направлению движения машины.

Высота стерни  $L$  после среза стеблей, получивших наибольший поперечный отгиб, может быть приближенно определена из выражения:

$$L_s = \sqrt{q^2 + H^2}, \quad (7)$$

где  $H$  - высота среза, мм.

Продольный отгиб стеблей по направлению движения машины характеризуется отрезком  $l_n$  между точками 1 и 5.

Высота стерни  $L_n$  после среза стеблей, получивших наибольший продольный изгиб, может быть приближенно определена из прямоугольного треугольника, катеты которого равны высоте среза и длине отрезка  $l_n$  :

$$L_n = \sqrt{l_n^2 + H^2} .$$

### Содержание задания

Исходные данные по заданному варианту берут из приложения 3.

1. Установить тип режущего аппарата, определить перемещение машины за один ход ножа и максимальную скорость сегмента.
2. Построить траекторию движения любой точки сегмента.
3. Построить диаграмму движения сегмента и определить границы участков, с которых стебли срезаются за один ход ножа.
4. Определить площадь каждого участка и сравнить общую площадь с результатами расчета по формуле.
5. Построить график изменения скорости сегмента в зависимости от его перемещения (за один ход) и определить величину скорости сегмента в начале и в конце резания стеблей.
6. Определить высоту стерни при наибольшем поперечном и продольном отгибе стеблей.

### Выполнение задания

1. Перемещение машины за один ход ножа определить по формуле (1), а максимальную скорость - по формуле (5).
2. Построение траектории любой точки сегмента выполнить графическим методом (Рисунок 1). Сущность метода заключается в следующем
  - а) строят прямоугольник с основанием  $S$  и  $h$ .
  - б) на основании, как на диаметре, строят полуокружность радиусом  $\frac{S}{2}$ .
  - в) делят полуокружность и высоту прямоугольника на одинаковое число равных частей (8, 12, 16).

г) через точки 1, 2, 3 ... на окружности проводят вертикальные линии, а через точки 1', 2', 3' ... на боковой стороне прямоугольника - горизонтальные. Точки пересечения 1'', 2'', 3'' ... горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных через одноименные точки полуокружности и высоты прямоугольника, являются точками абсолютной траектории любой точки сегмента.

д) соединяя точки 1'', 2'', 3'' ... плавной кривой, получают абсолютную траекторию любой точки сегмента.

е) по полученной траектории строят шаблон.

3. Порядок построения диаграммы движения сегмента режущего аппарата (на примере аппарата нормального типа) сводится к следующему.

а) вычерчивают сегмент  $A$  (приложение В) в трех положениях:  $A_1$  в крайнем правом положении (это положение принимают за исходное),  $A_{11}$  - через пол-оборота кривошипа, т.е. на расстоянии  $S$  и на расстоянии  $h$  вперед от предыдущего положения,  $A_{111}$  через один оборот кривошипа, иными словами, расстоянии  $2h$  впереди первого положения.

б) проводят оси симметрии двух пальцев  $O_1-O_1$  и  $O_2-O_2$  на расстоянии  $t_0$  друг от друга. Оси симметрии основных пальцев совпадут с осями симметрии вычерченных сегментов ( $t = t_0$ ).

в) параллельно осевым линиям  $O_1-O_1$  и  $O_2-O_2$  проводят траектории движения  $m - m$  передних и  $n - n$  задних точек лезвий пальцевых пластинок.

г) при помощи шаблона наносят траектории движения крайних точек активных лезвий сегментов  $A_1 - A_1$ ,  $A_2 - A_2$  и  $A_3 - A_3$ .

д) находят положение крайних точек активных лезвий сегментов в моменты схода (точки схода) с лезвий и в моменты набегания их (точки набегания) на лезвия пальцевых пластинок. Эти положения определяются точками пересечения траекторий  $A_1 - A_1$  и  $A_2 - A_2$  для передних и  $A_3 - A_3$  для задних точек активных лезвий сегментов с траекториями передних  $m-m$  и задних  $n-n$  точек активных лезвий пальцевых пластинок. Например, точка

$A_1$  сходит с пальцевой пластинки в точке 1, а набегают на пальцевую пластинку в точке 2. Точка  $A_3$  набегают на пальцевую пластинку в точке 5.

е) определяют положение линии набегания (линия перерезания), которая является геометрическим местом точек, в которых лезвия сегмента набегают на лезвие пальцевой пластинки и перерезают стебли. Например, при перемещении сегмента слева направо правое его лезвие начнет срезать стебли на втором пальце в точке 5 и заканчивает перерезание стеблей на этом пальце в точке 4. Перерезание стеблей происходит на линии 5-4.

ж) проводят линии 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', показывающие направление отгиба стеблей пальцами. Эти линии должны быть направлены к оси симметрии пальцев от точек 1, 2, 3, 4 и 5 ... к лезвиям пальцевых пластинок и отклонены на угол трения от перпендикуляра.

Построение диаграммы движения сегмента аппарата с двойным пробегом ножа (приложение В) имеет некоторые особенности. Для определения точек схода и набегания лезвий сегментов рекомендуется пользоваться таблицей.

Таблица 2 - Точки схода и набегания для аппарата нормального типа с двойным пробегом ножа

Точка лезвия сегмента	Сходит с пальцевой пластины в точках	Набегают на пальцевую пластину в точках
$A_1$	1,3	2,4
$A_2$	5,7	6,8
$A_3$	9,11	10,12
$B_1$	13	14

4. Определить площадь, с которой стебли срезаются за один ход ножа (приложение В).

Выявляют форму и расположение участков, с которых стебли срезаются сегментами за один проход. Например, сегмент при движении справа налево срежет на первом пальце все стебли, расположенные ниже

линии 1' - 1 - 2 - 2', а при движении слева направо стебли будут срезаны ниже линии 3' - 3 - 4 - 4'.

Таким образом, границы участка срезанных на каждом из пальцев стеблей определяются траекториями передних и задних точек активных лезвий сегментов, линиями отгиба стеблей пальцами и осевыми линиями пальцев.

При выходе из прорези первого пальца сегмент А захватывает стебли, отогнутые пальцем с участка 2 - 2' - 3' - 3 - 2, и отгибает их вместе со стеблями с участка 5-К-2-3-4-5 к линии перерезания 5 - 4. На этой же линии будут перерезаны стебли, отогнутые вторым пальцем с участка 5' - 5 - 4 - 4' - 5'. Стебли с этих двух участков будут распределяться вдоль линии перерезания 5 - 4 более или менее равномерно. С участка 1' - 1 - К - 5 - 5' - 1 стебли будут отклонены вторым пальцем влево, а пальцевым брусом или опорными выступами пальцев вперед и в точке 5 будут срезаны пучком.

Площади, срезаемые сегментом А при движении слева направо, на рисунке 2 заштрихованы. Направление линий штриховки со стрелками на концах условно показывает направление отгиба стеблей к линии перерезания. За ход ножа слева направо сегмент срезает стебли на втором пальце с площади

$$F = f_1 + f_2 + f_3 ,$$

где  $f_1$  - площадь, с которой стебли отгибаются к линии перерезания сегментом;

$f_2$  - площадь, с которой стебли отгибаются к линии перерезания пальцем;

$f_3$  - площадь, с которой стебли срезаются пучком в начале линии перерезания - точке 5.

Площадь, с которой стебли срезаются за один ход ножа, определяют по формуле:

$$F = t \cdot h$$

5. Построить график изменения скорости сегмента.

График изменения скорости резания представляет собой эллипс. Если рассматривать его как деформированную окружность, у которой расстояния до одного из диаметров изменены в определенном отношении, например  $m$ , то окружность можно принять за график, отображающий закономерность изменения скорости сегмента. Тогда масштаб скорости

$$m = \frac{u_{max}}{\frac{S}{2}}, \text{ м/с/мм}, \quad (8)$$

Если диаграмма движения сегмента построена в масштабе 1:1, то

$$m = \left( \frac{S}{2} \cdot w \right) \cdot \left( \frac{S}{2} \cdot 100 \right) = 0,001 \cdot w, \text{ м/с/мм}, \quad (9)$$

График изменения скорости строят для какой-либо определенной точки сегмента, например для точки  $A_3$ . Его располагают в нижней части диаграммы на прямой, параллельной основанию сегмента. Проектируя на эту прямую точку  $A_3$  в начале и в конце рабочего хода, получают отрезок, равный ходу сегмента  $S$ . На этом отрезке радиусом  $\frac{S}{2}$  строят полуокружность, которая представляет собой график изменения скорости в масштабе, найденном по формуле (9). Положение точки  $A_3$  в начале резания на втором пальце определяется точкой 5. Положение точки  $A_3$  в конце резания найдем, если через точку 4 проведем прямую, параллельную лезвию сегмента, тогда линия 4 -  $A_3$  будет соответствовать положению правого лезвия сегмента в конце резания на втором пальце. Спроектируем на график изменения скорости сегмента точки 5 и  $A_3$ , соответствующие началу и концу резания. На диаграмме получим отрезки  $l_n$  и  $l_k$ , пропорциональные скоростям резания в указанные моменты. Эти скорости равны: в начале резания на втором пальце  $u_n = l_n \cdot m$ ; в конце резания на втором пальце  $u_k = l_k \cdot m$ .

Таким же образом определяют скорости сегмента в начале и в конце резания на каждом пальце у аппарата нормального типа с двойным пробегом ножа.

6. Определить максимально возможный поперечный и продольный отгиб по диаграмме движения, а высоту стерни, соответствующую данным отгибам, рассчитать по формулам (7) и (8).

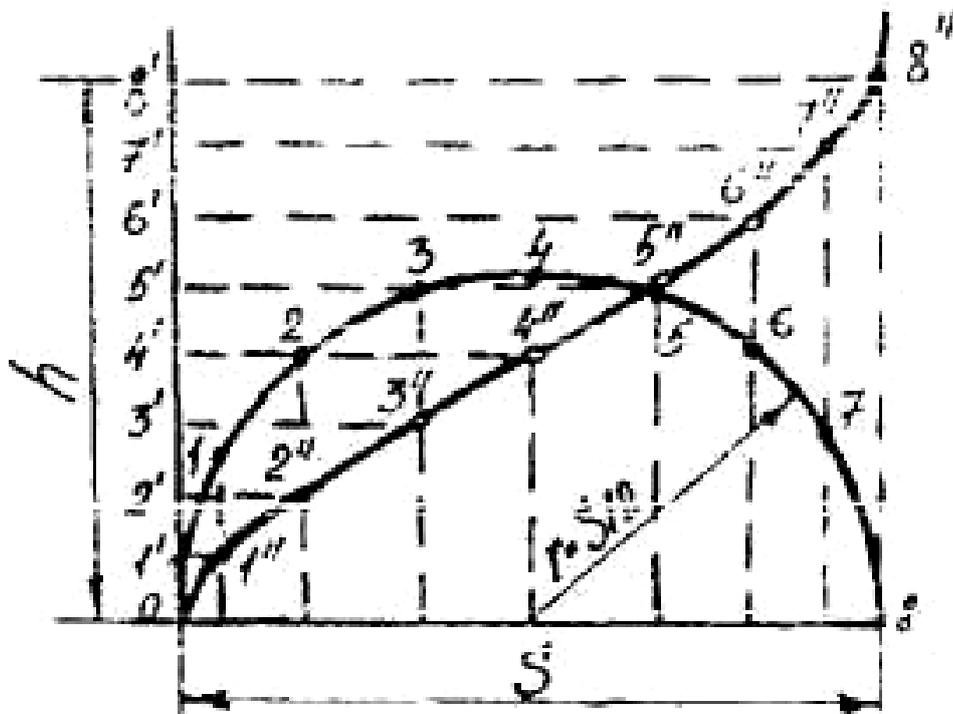


Рисунок 1 - Построение абсолютной траектории движения любой точки сегмента

Таблица 5 – Исходные данные к заданию "Изучение процесса работы сегмента режущего аппарата"

Наименование параметров	Номер варианта								Скорость движения машины, м/сек
1	2								3
	1	2	3	4	5	6	7	8	0,7
	9	10	11	12	13	14	15	16	0,75
	17	18	19	20	21	22	23	24	0,80
	25	25	27	28	29	30	31	32	0,85
	33	34	35	36	37	38	39	40	0,90
	41	42	43	44	45	46	47	48	0,95
	49	50	51	52	53	54	55	56	1,00
	57	58	59	60	61	62	63	64	1,05
	65	66	67	68	69	70	71	72	1,10
	73	74	75	76	77	78	79	80	1,15
	81	82	83	84	85	86	87	88	1,20
	89	90	91	92	93	94	95	96	1,25
	97	98	99	100	101	102	103	104	1,30
	105	106	107	108	109	110	111	112	1,35
	113	114	115	116	117	118	119	120	1,40
	121	122	123	124	125	126	127	128	1,45
	129	130	131	132	133	134	135	136	1,50
	137	138	139	140	141	142	143	144	1,55
	145	146	147	148	149	150	151	152	1,60
	153	154	155	156	157	158	159	160	1,65
	161	162	163	164	165	166	167	168	1,70
	-	169	170	171	172	173	174	175	1,75

Продолжение таблицы 5

1	2								3
	-	176	177	178	179	180	181	182	1,80
	-	183	184	185	186	187	188	189	1,85
	-	190	191	192	193	194	195	196	1,90
	-	-	197	-	-	198	199	200	1,95
	-	-	201	-	-	203	204	205	2,00
	-	-	206	-	-	207	208	209	2,05
	-	-	210	-	-	211	212	213	2,10
Число оборотов карданного вала в 1 мин	545	545	520	520	544	545	520	545	
Передаточное число от карданного вала к валу привошипа	0,54	0,73	1,45	0,7	0,77	1,0	0,68	0,86	
Шаг сегмента, мм	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	90	
Шаг пальца, мм	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	90	
Отношение хода ножа к шагу сегментов	1	1	1	1	1	2	2	1	
Ширина переднего основания сегмента, мм	12	12	15	15	15	15	12	12	
Ширина сегментов на линии опорных выступов, мм	73	73	60	60	60	60	73	84	
Рабочая высота сегментов (от линии опорных выступов), мм	54	54	40	40	40	40	54	55	
Ширина пальцевой пластинки на линии опорных выступов, мм	24	24	32	32	32	32	24	37	
Ширина пальцевой пластинки на линии переднего основания сегмента, мм	22	22	23	22	23	23	22	21	
Высота среза, см	15	20	5	10	15	20	25	10	

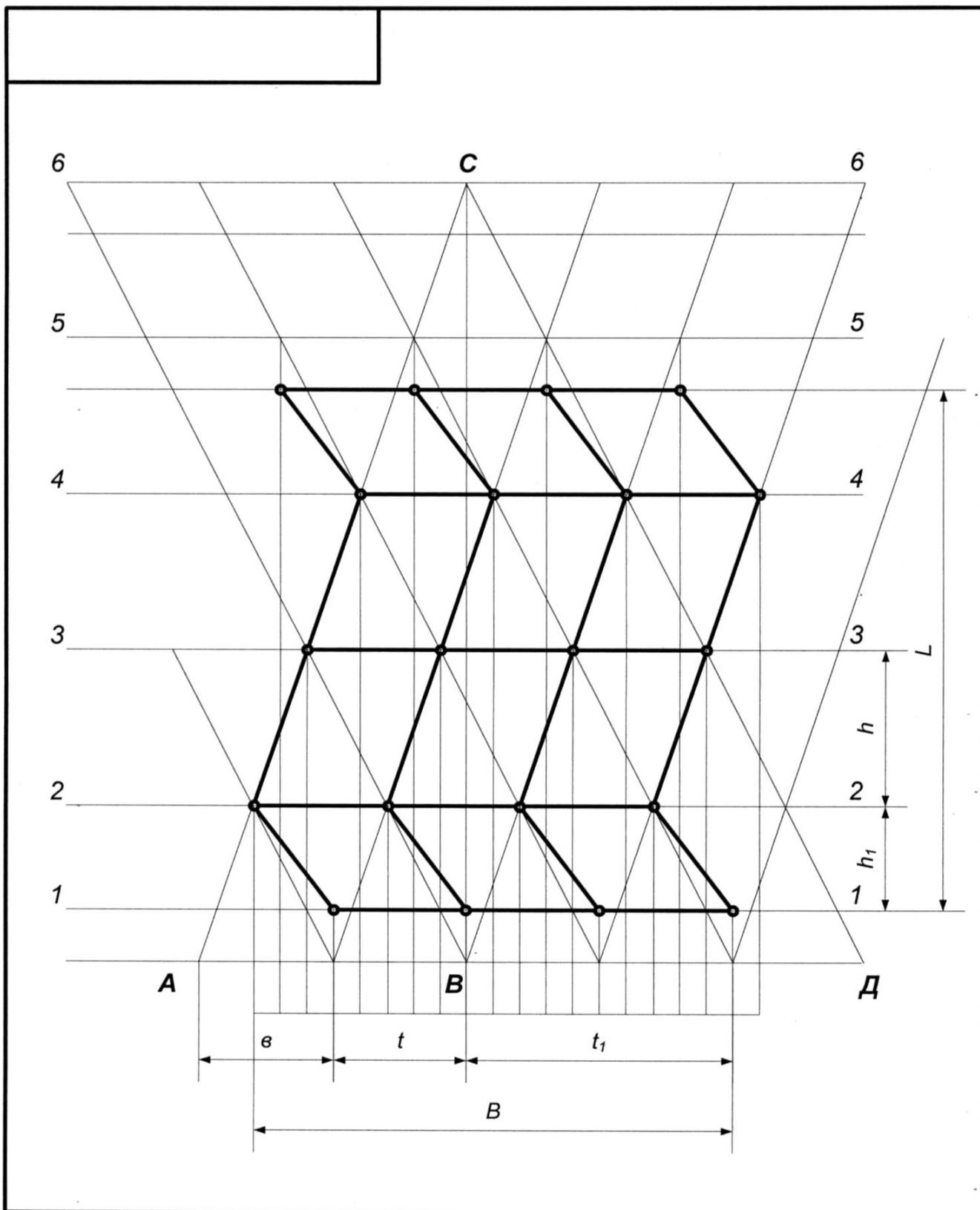
## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Любимов А.И. Практикум по сельскохозяйственным машинам/ А.И.Любимов, З.И.Войций, В.В.Бледных и др. – М.: Колос, 1999. – 191с.: ил.
2. Сельскохозяйственная техника и технологии/ И.А. Спицын, А.Н.Орлов, В.В.Ляшенко и др. – КолосС, 2006. – 647с.: ил.
3. Сельскохозяйственные машины. Практикум/ М.Д.Адиньянов, В.Е.Бердышев, И.В.Бумбар и др. – М.: Колос, 2000. – 240с.: ил.

### Дополнительная

1. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины/ Н.И.Кленин, В.А.Саун. – М.: Колос, 1994. – 751с.

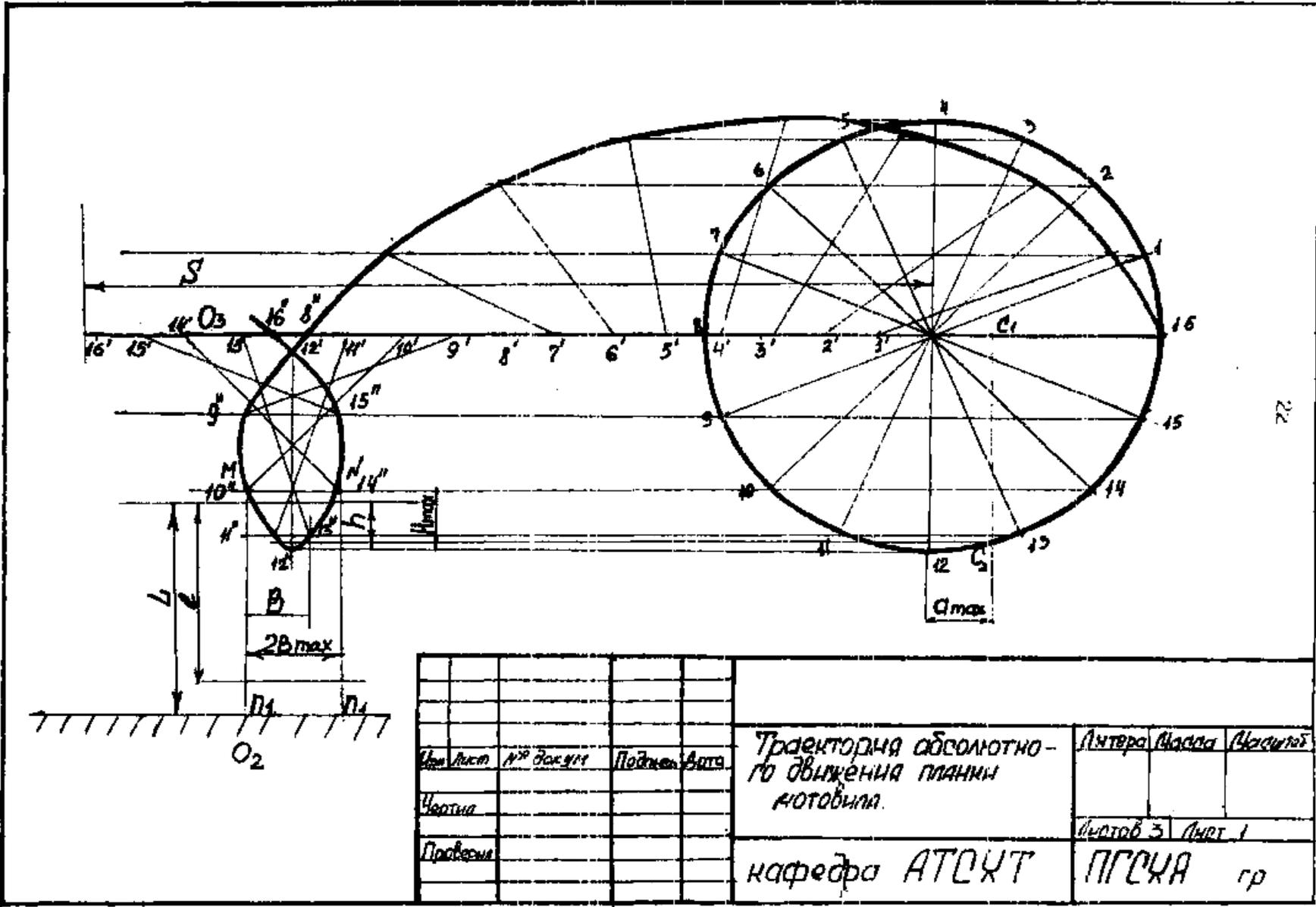


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.Контр				
Н.Контр				
Утв.				

**Борона  
зубовая**

Кафедра АТСХТ

Литр.	Масса	Масшт.
Лист	Листов	
	ПГСХА 641 гр.	



Имя	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Траектория абсолютного движения планки автомобиля.	Литера	Маша	Литера
Чертить								
Проверить					кафедра АТОХТ	Литера 3	Литера 1	
						ПГСХА	гр	



## Содержание

Задание 1. Проектирование звена зубовой бороны.....	2
Задание 2. Кинематика процесса работы мотовила.....	13
Задание 3. Кинематика работы сегмента режущего аппарата.....	23

Шишлов Александр Николаевич

Технологии и средства механизации сельского хозяйства: методические указания по выполнению практических занятий и самостоятельной работы для обучающихся по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»

*ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ*

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44