

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Инженерно-технологический институт

Кафедра технических систем в агробизнесе,  
природообустройстве и дорожном строительстве

Ожерельев В.Н., Кузнецов В.В.

# **Методическое пособие к курсовой работе по сельскохозяйственным машинам**

## **Часть 1**

Учебно-методическое пособие

для студентов вузов очного и заочного обучения по направлению бакалавриат

35.03.06 Агроинженерия, профиль образовательной программы

«Технические системы в агробизнесе»

Брянск 2017

УДК 631.3(07)  
ББК40.72  
О-45

Ожерельев В.Н., Кузнецов В.В. Методическое пособие к курсовой работе по сельскохозяйственным машинам: учебно-методическое пособие. / В.Н. Ожерельев, В. В. Кузнецов – Брянск: Изд.-во Брянского ГАУ, 2017. - 43 с.

Первая часть методического пособия предназначена для студентов вузов, обучающихся по направлению бакалавриат 35.03.06 Агроинженерия, профиль образовательной программы «Технические системы в агробизнесе» при выполнении курсовой работы.

В отличие от второй части, содержит необходимые методики расчётов и рекомендации по организации курсового проектирования, оформлению пояснительной записки и графической части курсовой работы расчётно-теоретической направленности.

Рецензент: к.т.н., доцент Никитин В.В.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно – технологического института от 29 сентября 2017 г., протокол №2.

© Ожерельев В.Н., 2017  
© Кузнецов В.В., 2017  
© Брянский ГАУ, 2017

## Оглавление

Введение	4
1. Задание 1. Построение лобового контура корпуса плуга	5
1.1. Суть технологического процесса	5
1.2. Исходные данные	6
1.3. Методика построения	6
1.4. Последовательность построения лобового контура корпуса плуга	8
2. Задание 2. Расчет фрезы	12
2.1. Суть технологического процесса	12
2.2. Исходные данные	14
2.3. Требования к выполнению работы	14
2.4. Порядок выполнения работы	15
3. Задание 3. Определение основных параметров мотовила	21
3.1. Суть технологического процесса	21
3.2. Исходные данные	25
3.3. Требования к выполнению работы	25
3.4. Порядок выполнения работы	26
Библиографический список	34
Приложения	37

## Введение

1. Текстовую часть и расчет выполнять на листах бумаги А4 без рамок и основной надписи, которые затем скомплектовать в расчетно-пояснительную записку с титульным листом и сброшюровать посредством папки-скоросшивателя. Титульный лист – стандартный для курсовых работ и проектов.

2. При выполнении расчетов сначала давать формулу в общем виде с расшифровкой всех составляющих ее компонентов, затем (отдельно) формулу с подстановкой числовых значений всех компонентов и числовой результат расчета.

3. Все элементы построения должны быть описаны согласно последовательности их выполнения. Например, «... Для получения полевого обреза корпуса плуга соединим точки **D** и **E** прямой линией ...». При этом если используются числовые результаты расчета или построения, то они должны быть отмечены в тексте, например, «... Для формирования верхнего обреза корпуса проведем дугу **PF** радиусом **O<sub>1</sub>P**, равным 125 мм ...».

4. Масштаб графических построений для каждого из трех заданий выбирать индивидуально, так, чтобы построения могли быть размещены на формате А2 (то есть, построения по двум заданиям на листе формата А1). При этом выбранный масштаб должен соответствовать требованиям ЕСКД. Примерный образец для размещения построений представлен в приложениях 4 и 5 (листах 1 и 2).

5. На чертежах должны быть выставлены как буквенные обозначения основных параметров, так и их числовое значение в мм. Например, **H=355**.

6. Основная надпись на каждом листе должна соответствовать ЕСКД. При этом в графе «Наименование» указать «Результаты проектирования рабочих органов сельскохозяйственных машин». В графе «Шифр» указать шифр следующей структуры:

- БГАУ – наименование университета;

- 0001 – номер проекта (для всех один).
- 07 или 15 или иное сочетание из двух цифр – номер варианта, индивидуальный для каждого студента.
- 01 или 02 – номер конкретного листа.

Таким образом, шифр должен иметь вид: БГАУ.0001.08.01 (последние две группы цифр индивидуальны).

В графе «Лист» и «Листов» указать: листов 2, лист 1 или 2.

В правом нижнем углу основной надписи указать шифр группы студента.

**Внимание,** если в конкретном пункте алгоритма расчета отсутствует указание по степени округления, то результаты расчетов округлять, оставляя не менее двух знаков после запятой. При вычислении длины отрезков, которые необходимо отложить на чертеже в процессе соответствующего построения, результат расчета округлять с точностью до миллиметра.

## 1. Задание 1

### Построение лобового контура рабочей поверхности корпуса плуга

#### 1.1. Суть технологического процесса

Лемешно-отвальная поверхность корпуса плуга одновременно реализует три разнородных технологических процесса, являющихся составными элементами вспашки:

- Отделяет от почвенного монолита пласт прямоугольного сечения, шириной **b** (ширина захвата корпуса) и высотой **a** (глубина вспашки), подрезая его снизу лезвием лемеха и отрезая сбоку полевым обрезом (рис. 1).

- Перемещает пласт по криволинейной поверхности, любая элементарная площадка которой является трехгранным клином, осуществляя таким образом крошение монолита и его разрыхление.

- Оборачивает разрыхленный пласт без отрыва одной из точек его поперечного сечения от дна борозды, укладывая стороной, находившейся

на дневной поверхности, на наклонную поверхность ранее уложенного пласта.

•

### **1.2. Исходные данные**

Приведены в таблице (Приложение 1). Студент выбирает вариант согласно его позиции в списке группы в алфавитном порядке.

### **1.3. Методика построения**

Методика основывается на способе построения, предложенном профессором Н. В. Щучкиным для отечественных плугов с корпусами культурного и полувинтового типа.

Отделению от почвенного монолита подвергается пласт  $ABCD$  с поперечным сечением  $axb$  (рис. 1а). Условно считаем, что в дальнейшем его поперечное сечение остается неизменным по ширине, но при этом происходит утолщение пласта на величину 25 мм в результате его разрыхления под воздействием криволинейной поверхности отвала (результатом этого является поперечное сечение  $AB'C'D$  на рис. 1а).

Лобовой контур рабочей поверхности должен быть построен так, чтобы он был вписан в поперечный профиль борозды, открытой предыдущим корпусом. Для получения указанного профиля необходимо его построить, выполнив оборот поперечного сечения исходного пласта  $ABCD$  (рис. 1б). Для этого следует произвести следующие построения (предпочтительный масштаб построения 1:2,5). Образец размещения построения приведен в приложении 4 (лист 1).

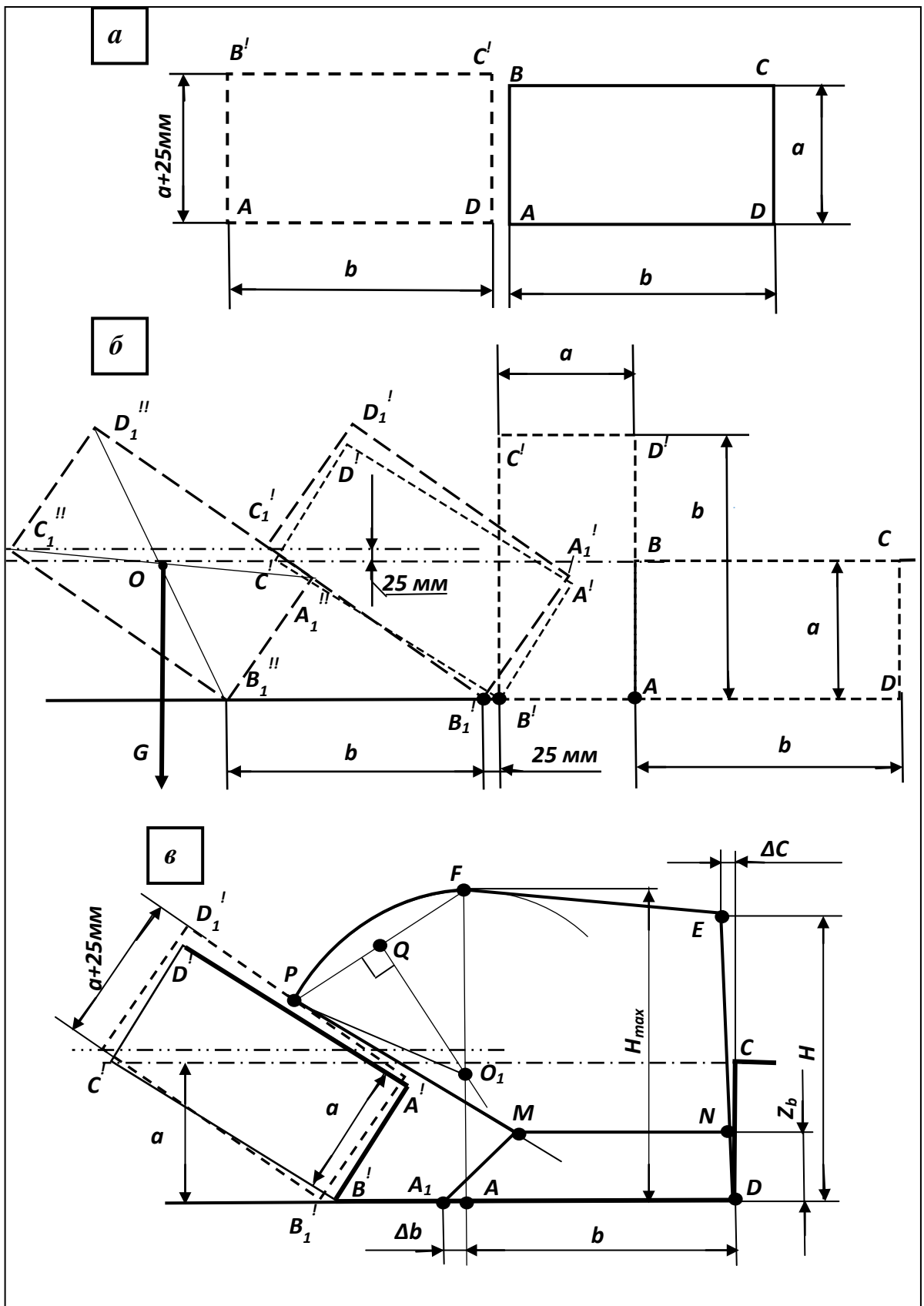


Рисунок 1- Построение лобового контура рабочей поверхности корпуса плуга:

а – поперечное сечение пласта почвы; б – фазы оборота пласта почвы;

в – размещение лобового контура корпуса плуга в открытой борозде углом  $A$ .

#### **1.4. Последовательность построения лобового контура корпуса плуга**

1) Оставляя размеры поперечного сечения пласта неизменными ( $axb$ ), повернуть его против часовой стрелки на угол  $90^0$  с опорой на дно борозды углом  $A$ . В результате поперечное сечение пласта принимает положение  $AB'C'D'$ , опираясь на дно борозды меньшей стороной  $AB'$ , длиной  $a$ .

1) Также оставляя размеры поперечного сечения пласта неизменными, продолжить его вращение против часовой стрелки, но с опорой на дно борозды углом  $B'$ . Поворот продолжить до момента касания углом  $C'$  поверхности невзрыхленного поля (горизонтальная штрихпунктирная линия, являющаяся продолжением верхней стороны  $BC$  исходного поперечного сечения  $ABCD$  пласта. В результате поперечное сечение пласта принимает наклонное положение  $A'B'C'D'$ .

2) Построить окончательное положение поперечного сечения пласта с учетом его разрыхления, то есть с увеличением толщины на 25 мм. Поперечное сечение  $A_1'B_1'C_1'D_1'$  взрыхленного пласта (толщиной  $a+25$  мм) опирается на дно борозды углом  $B_1'$ , сдвинутым влево от точки  $B'$  на 25 мм (принятую величину утолщения пласта вследствие его разрыхления), а угол  $C_1'$  касается поверхности взрыхленного поля, обозначенной на рис. 1б штрихпунктирной линией с двумя точками. Точку  $C_1'$  получить путем выполнения засечки циркулем раствором  $b$  из точки  $B_1'$  на штрихпунктирную прямую с двумя точками, обозначающую условную поверхность взрыхленного поля.

3) Базируясь на опорной поверхности пласта (отрезок  $B_1'C_1'$ ) построить прямоугольник  $A_1'B_1'C_1'D_1'$  его поперечного сечения с размерами  $b$  х  $(a+25)$ .

4) Аналогичным образом построить поперечное сечения  $A_1''B_1''C_1''D_1''$  пласта также размером  $b$  х  $(a+25)$ , ранее уложенного корпусом, размещенным на раме плуга впереди или отваленного последним корпусом плуга при



предыдущем проходе агрегата, сдвинув его опорный угол  $B_1''$  на расстояние  $b$  влево от точки  $B_1'$ .

5) Найти центр тяжести поперечного сечения  $A_1''B_1''C_1''D_1''$  пласта (точку  $O$ ) на пересечении его диагоналей ( $A_1''C_1''$  и  $B_1''D_1''$ ). Убедиться в том, что уложенный пласт принял устойчивое положение, поскольку вектор силы тяжести  $G$  пересекает опорную поверхность  $B_1''C_1''$ . Построить указанный вектор и сделать (письменно) вывод об устойчивости положения уложенного пласта.

6) Для формирования лобового конкурра рабочей поверхности корпуса плуга воспроизвести на отдельном рисунке поперечный профиль открытой борозды без изображения начальных фаз оборота пласта (рис. 1в). Контур поперечного сечения открытой борозды  $CDB'A'D'$  выделить основной линией толщиной 1 ... 1,5 мм. Также воспроизвести поперечное сечение  $A'B'C'D'$  (сплошной тонкой линией) неразрыхленного и  $A_1'B_1'C_1'D_1'$  (пунктирной линией) разрыхленного пласта.

7) Считаем, что носок лемеха находится в точке  $D$ . Для нахождения положения на профильной проекции корпуса плуга (на лобовом контуре) пятки лемеха учтем необходимость гарантирования перекрытия между шириной захвата соседних корпусов. С этой целью увеличим номинальную ширину захвата корпуса  $b$  на  $\Delta b$ , величина которой варьируется в пределах 20 ... 40 мм (выбрать согласно индивидуальным исходным данным). В результате получена прямая  $DA_1$ , являющаяся фронтальной проекцией лезвия лемеха.

8) Верхняя точка  $E$  фронтальной проекции полевого обреза  $DE$  корпуса должна быть отклонена в сторону пашни на величину  $\Delta c = 5 \dots 10$  мм (выбрать самостоятельно в рамках указанных пределов). Высота точки  $E$  по отношению к лезвию лемеха находится по формуле

$$H = b + \Delta \quad (1)$$

где  $\Delta = 10 \dots 20$  мм (выбрать, согласно индивидуальному заданию).

Соединить точки  $D$  и  $E$  прямой (основной) линией.

9) Для формирования бороздового обреза  $PM$  находим точку  $P$ , как середину верхней грани поперечного сечения взрыхленного пласта. То есть,

$$D_1'P = b/2 \quad (2)$$

10) Прямую  $PM$  провести параллельно поверхности  $A'D'$  исходного (неврыхленного) пласта на произвольную длину. Положение точки  $M$  определяется последующим построением.

При таком прохождении бороздового обреза гарантируется наличие зазора между ним и поверхностью уложенного пласта, что обеспечивает качественную вспашку без задиров и волочения почвы.

11) Отложить величину  $Z_b$  вертикальной проекции ширины лемеха (по индивидуальным исходным данным) и из полученной вследствие этого на полевом обресе точки  $N$  провести параллельно лезвию лемеха  $DA_1$  прямую  $MN$ , являющуюся линией стыковки лемеха и отвала. Точка  $M$  является, таким образом точкой пересечения фронтальных проекций бороздового обреза ( $PM$ ) и линии стыковки лемеха и отвала ( $NM$ ).

12) Завершить формирование бороздового обреза, соединив пятку лемеха (точку  $A_1$ ) с точкой  $M$ .

13) Для определения максимальной высоты верхнего обреза отвала (линия  $PFE$ ) задаемся условием исключения пересыпания через него части почвы оборачиваемого пласта. При этом наиболее критическим является сечение  $AF$ , в котором диагональ поперечного сечения пласта принимает вертикальное положение. Таким образом, для обеспечения устойчивой работы корпуса плуга должно выполняться условие

$$H_{max} = \sqrt{a^2 + b^2} + \Delta H \quad (3)$$

где  $\Delta H$  варьируется в пределах  $0 \dots 20$  мм (принять, согласно индивидуальному заданию).

Таким образом, определено положение всех трех характерных точек верхнего обреза отвала. В частности, точка  $F$  расположена на высоте  $H_{max}$  от дна борозды или проекции лезвия лемеха  $DA_1$  и на расстоянии  $b$  от вертикальной стенки  $CD$  открытой борозды.

14) Фронтальную проекцию крыла отвала очертить дугой  $PF$  окружности радиуса  $O_1F$  ( $O_1P$ ). Для определения положения точки  $O_1$  из середины отрезка  $PF$  (точки  $Q$ ) провести перпендикуляр до пересечения с вертикальной прямой  $AF$ . Полученная точка пересечения является искомым центром окружности (дуги скругления).

15) Завершить построение лобового контура, соединив точки  $F$  и  $E$  прямой линией.

16) Нанести все отмеченные на рис.  $lv$  точки и размеры, обусловленные исходными данными или полученные построением и расчетом по формулам 1 ... 3.

## 2. Задание 2. Расчет фрезы

### 2.1. Суть технологического процесса

Барабан почвенной фрезы оборудован ножами, в количестве  $Z_n$  штук, которые сгруппированы по поперечным плоскостям, по  $Z$  ножей в каждой. При работе барабан фрезы радиусом  $R$  (по концам ножей) вращается с угловой скоростью  $\omega$  и перемещается поступательно с линейной скоростью  $V_m$  (рис. 2). В результате крайняя точка ножа перемещается в абсолютном движении по криволинейной циклической траектории – трохоиде 1, которая в принятой на рисунке системе координат  $XO'Y$  описывается системой уравнений

$$\begin{cases} x = V_m t + R \cos \omega t \\ y = R(1 - \sin \omega t) \end{cases} \quad (4)$$

Параметры траектории движения существенным образом зависят от кинематического коэффициента  $\lambda$ , являющегося отношением окружной скорости крайней точки ножа в относительном движении к поступательной скорости барабана в переносном движении. То есть

$$\lambda = V_0 / V_m = \omega R / V_m \quad (5)$$

Траектория движения следующего ножа повторяет траекторию движения предыдущего со сдвигом каждой ее точки в направление перемещения на величину подачи на нож  $S_z$ , которая определяется по формуле

$$S_z = 2\pi R / (\lambda z) \quad (6)$$

Таким образом, за один оборот барабана фреза проходит путь  $X_{об}$ , равный

$$X_{об} = V_m 2\pi / \omega = 2\pi R / \lambda \quad (7)$$

В точках  $A_0$  и  $A_1$  ножи поочередно внедряются в почву на максимальную глубину  $a$ , отделяя от почвенного монолита стружку переменного сечения  $A_0A_1B$  (заштриховано), которую отбрасывают назад. От воздействия ножа и в результате удара о кожух (на схеме не показан) почвенная стружка разрушается на мелкие фрагменты, образуя рыхлый слой на всю глубину обработки  $a$ . При этом на дне борозды остаются гребни необработанной почвы высотой  $h_2$ .

Качество обработки читается приемлемым, если  $h_2 \leq 0,2a$ . Исходя из этого можно найти минимальное число ножей  $Z$ , которые должны быть размещены в каждой из поперечных плоскостей фрезерного барабана.

$$Z = \frac{\pi}{\lambda \left( \sqrt{(2m_1 - m_1^2)} + \arcsin(1 - m_1) - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (8)$$

$$\text{где } m_1 = \frac{h_r}{R} = \frac{0,2a}{R} \quad (9)$$

Зная число ножей в каждой плоскости, определить общее число ножей на фрезерном барабане  $Z_n$  по формуле

$$Z_n = \frac{B}{b} Z \quad (10)$$

где  $B$  – ширина захвата фрезы, м;

$b = 0,08 \dots 0,14$  м – ширина захвата одного ножа (выбрать такую величину, чтобы дробь  $B/b$  была целым и четным числом).

Мощность, расходуемая на привод фрезы  $W$ , пропорциональна объему почвы, обрабатываемому за единицу времени

$$W = BV_M Ea, \text{ КВт} \quad (11)$$

$$\text{где: } V_M = \frac{\pi R n}{30 \lambda}, \text{ м/с} \quad (12)$$

$E$  – удельная работа, необходимая для разрыхления единицы объема почвы, КДж/м<sup>3</sup>. Определить по номограмме (рис. 3). В случае выхода за пределы номограммы принять  $E=240 \dots 280$  КДж/м<sup>3</sup>;

$a$  – глубина фрезерования, м;

$B$  – ширина захвата фрезы, м.

## **2.2. Исходные данные**

Приведены в таблице (Приложение 2). Студент выбирает вариант согласно его позиции в списке группы в алфавитном порядке.

## **2.3. Требования к выполнению работы**

Графическая часть выполняется на листе формата А2 (вторая половина листа формата А1, на половине которого размещена графическая часть по заданию №1).

Масштаб построения должен соответствовать ЕСКД и позволять максимально полно использовать площадь листа (приложение 4).

**Внимание,** если в конкретном пункте алгоритма расчета отсутствует указание по степени округления, то результаты расчетов округлять, оставляя не менее двух знаков после запятой. При вычислении длины отрезков, которые необходимо отложить на чертеже (рис. 2) в процессе построения траекторий движения ножей фрезы, результат расчета округлять с точностью до миллиметра.

## 2.4. Порядок выполнения работы

1) По формулам (8 и 9) найти величину  $Z$ , имея ввиду, что  $\arcsin$  в формуле должен быть получен в радианах, а  $\pi=3,14$ . Округлить полученный результат расчета до ближайшего большего целого числа, если дробная часть превышает 0,25. Если дробная часть результата расчета  $\leq 0,25$ , то округлить до ближайшего меньшего целого числа.

Так, если при расчете получилось, что  $Z = 3,7$ , то принять  $Z = 4$ . Если же при расчете получилось, что  $Z = 3,15$ , то принять  $Z = 3$ .

2) По формуле (10) найти  $Z_n$ .

3) По формулам (6) и (7) найти  $S_z$  и  $X_{об}$ .

Рисунок 2 - Схема взаимодействия ножей фрезы с почвой:

1 и 2 – траектории движения крайней точки первого и второго ножа, соответственно

4) В выбранном масштабе построить окружность радиуса  $R$  и разбить ее на 12 частей (через  $30^0$ ), как показано на рис. 2. Обозначить полученные точки от 0 до 12. В точке 6 поместить начало координат системы  $XO'Y$ . Разбивку выполнить либо циркулем раствором  $R$ , либо вписав в окружность двенадцатигранник в графическом редакторе «Компас 3D». Полученная таким образом окружность является траекторией перемещения точек (0 ... 11) в относительном движении.

5) Из полученных точек провести горизонтальные линии, параллельные оси  $X$ . Указанные прямые являются траекториями перемещения точек (0 ... 11) в переносном движении.

6) Подачу на один оборот разбить на 12 частей, то есть найти величину  $x1 = X_{об}/12$ .

7) Построить траекторию перемещения крайней точки ножа в абсолютном движении, начиная с точки 0, суммируя относительное и переносное движение следующим образом.

При повороте барабана фрезы на угол  $30^0$  точка 0 переместится в относительном движении в положение 1. За этот же период времени барабан фрезы переместится в переносном движении влево на величину  $x1$ . Отложив от точки 1 горизонтальный отрезок  $x1$ , получить точку 1а, принадлежащую траектории перемещения исходной точки (0) в абсолютном движении. Таким образом, при повороте барабана фрезы от исходного положения на угол  $30^0$  исходная точка (крайняя точка ножа) перемещается в точку 1а.

6) При повороте барабана фрезы в относительном движении от исходного положения на  $60^0$  исходная точка (0) перемещается по окружности радиуса  $R$  в положение 2. За этот же промежуток времени барабан фрезы перемещается в переносном движении по направлению вектора скорости  $V_m$  на величину  $x2 = 2 * x1$ , то есть, на величину  $X_{об}/6$ . Отложив от точки 2 отрезок  $x2$ , суммируем результаты относительного и переносного движения и получаем вследствие этого точку 2а, принадлежащую траектории перемещения крайней точки ножа в абсолютном движении.



7) При повороте барабана фрезы в относительном движении от исходного положения на  $90^0$  исходная точка ( $0$ ) перемещается по окружности радиуса  $R$  в положение  $3$ . За этот же промежуток времени барабан фрезы перемещается в переносном движении по направлению вектора скорости  $V_m$  на величину  $x_3 = 3 * x_1$ , то есть, на величину  $X_{об}/4$ . Отложив от точки  $3$  отрезок  $x_3$ , суммируем результаты относительного и переносного движения и получаем вследствие этого точку  $3a$ , принадлежащую траектории перемещения крайней точки ножа в абсолютном движении.

8) Повторить аналогичные построения для точек  $4 \dots 12$  траектории относительного движения, последовательно увеличивая длину пути, проходимого барабаном фрезы в переносном движении  $x_i$  в соответствии с обозначением точек. То есть

$$x_i = i * x_1 \quad (13)$$

где  $i = 4 \dots 12$  – номер соответствующей точки на траектории относительного движения.

Так, для точки  $6$  длина пути барабана фрезы в переносном движении равна  $x_6 = 6 * x_1 = X_{об}/2$ .

Суммируя результаты относительного и переносного движения, получаем точки  $4a \dots 12a$ , принадлежащие траектории перемещения крайней точки ножа в абсолютном движении.

**Следует иметь в виду**, что поскольку трохоида симметрична относительно оси симметрии, выполненной на рисунке в виде вертикальной штрихпунктирной линии, проходящей через точку  $6a$ , то точки  $7a \dots 12a$  могут быть построены путем зеркального отражения относительно указанной оси симметрии точек  $0, 1a \dots 5a$ .

9) Соединив точки  $0, 1a \dots 12a$ , получить траекторию перемещения крайней точки ножа в абсолютном движении (трохоиду) за один оборот

барабана фрезы. При выполнении работы в графическом редакторе «Компас 3D» воспользоваться командой «Сплайн по точкам».

10) Построить траекторию движения крайней точки следующего ножа, для чего каждую точку ( $O, 1a \dots 11a$ ) построенной ранее трохойды переместить влево по соответствующим линиям переносного движения на величину подачи на нож  $S_z$ , найденную по формуле (6). В результате, например, точка  $3a$  при перемещении ее влево на величину  $S_z$  дает точку  $3b$ . Полученные таким образом точки ( $Ob \dots 11b$ ), соединить плавной кривой, как и в предыдущем случае.

11) От горизонтальной оси  $X$  отложить вверх величину  $a$  (глубину обработки, в соответствующем масштабе) и провести горизонтальную сплошную линию (поверхность невзрыхленного поля) до ее пересечения в точке  $A_0$  с первой трохойдой. Продолжить указанную линию вправо пунктиром, получив таким образом поверхность обработанного поля. Поскольку в дальнейших расчетах и построениях поверхность обработанного поля не участвует, то увеличением толщины слоя почвы при рыхлении пренебрегаем.

12) Заштриховать поперечное сечение стружки, отделяемой от почвенного монолита вторым ножом (криволинейный контур  $A_1BA_0$ ).

13) Определить максимальную толщину отрезаемой стружки  $\delta_{max}$ . Для этой цели раствором циркуля  $R$  из точки  $A_0$  выполнить засечку на горизонтальной линии, проходящей через ось вращения барабана (точку  $O$ ), являющейся траекторией ее переносного движения. В результате получаем точку  $O_1$ , отмечающую положение оси фрезерного барабана в момент касания крайней точкой первого ножа поверхности почвы (точки  $A_0$ ). На рис. 2 точка  $O_1$  (случайным образом) практически совпала с точкой  $9a$  первой трохойды. При иных исходных данных указанные точки могут не совпадать.

Для получения величины  $\delta_{max}$  провести прямую, являющуюся продолжением радиуса  $R$ , до ее пересечения с второй трохойдой. Расстояние между точками пересечения указанной прямой двух трохойд и является искомой толщиной отрезаемой стружки  $\delta_{max}$ .

14) По формуле (12) найти поступательную скорость фрезы  $V_m$ .

15) По номограмме (рис. 3) найти удельную энергоемкость фрезерования  $E_0$ , с учетом скорости поступательного движения  $V_m$  и толщины стружки  $\delta_{max}$ . При несовпадении расчетной толщиной стружки  $\delta_{max}$  ни с одним из фиксированных значений этого параметра на номограмме применить способ интерполяции.

Так, например, при  $V_m=1,4$  м/с и  $S_z = 120$  мм,  $E_0 = 173$  КДж/м<sup>3</sup>. Если же, при той же скорости поступательного перемещения фрезы  $S_z = 100$  мм, то удельная энергоемкость фрезерования принимается, как промежуточное значение между точками двух соседних линий графика, пропорционально разнице между ними.

В данном случае разница между фиксированными значениями  $E_0$  при толщине стружки 90 и 120 мм (при скорости 1,4 м/с) равна 20 КДж/м<sup>3</sup>. При этом разница между фиксированными значениями толщины стружки (30 мм) делится расчетным значением  $S_z = 100$  мм в отношении 1:2. В этом же отношении должна быть поделена и разница в удельной энергоемкости. То есть, к 173 КДж/м<sup>3</sup> фиксированного значения следует приплюсовать еще 7 КДж/м<sup>3</sup>. Таким образом, получается, что при  $S_z = 100$  мм  $E_0 = 180$  КДж/м<sup>3</sup>.

16) По формуле (11) найти мощность  $W$ , потребляемую на привод фрезы.

17) Считая, что на привод фрезы потребляется 2/3 мощности двигателя (остальное расходуется на его перемещение агрегата и привод всех вспомогательных систем), найти минимальную мощность двигателя по формуле

$$N_{min} = 3W/2, \text{ кВт} \quad (14)$$

18) Подобрать трактор для агрегатирования с рассчитанной фрезой.

19) Оформить чертеж, указав все характерные точки (как на рис. 2).

Кроме того, указать числовые значения всех расчетных величин.

20) Сделать вывод о соответствии (или несоответствии) высоты гребней на дне борозды ( $h_2$ ) агротехническим требованиям?

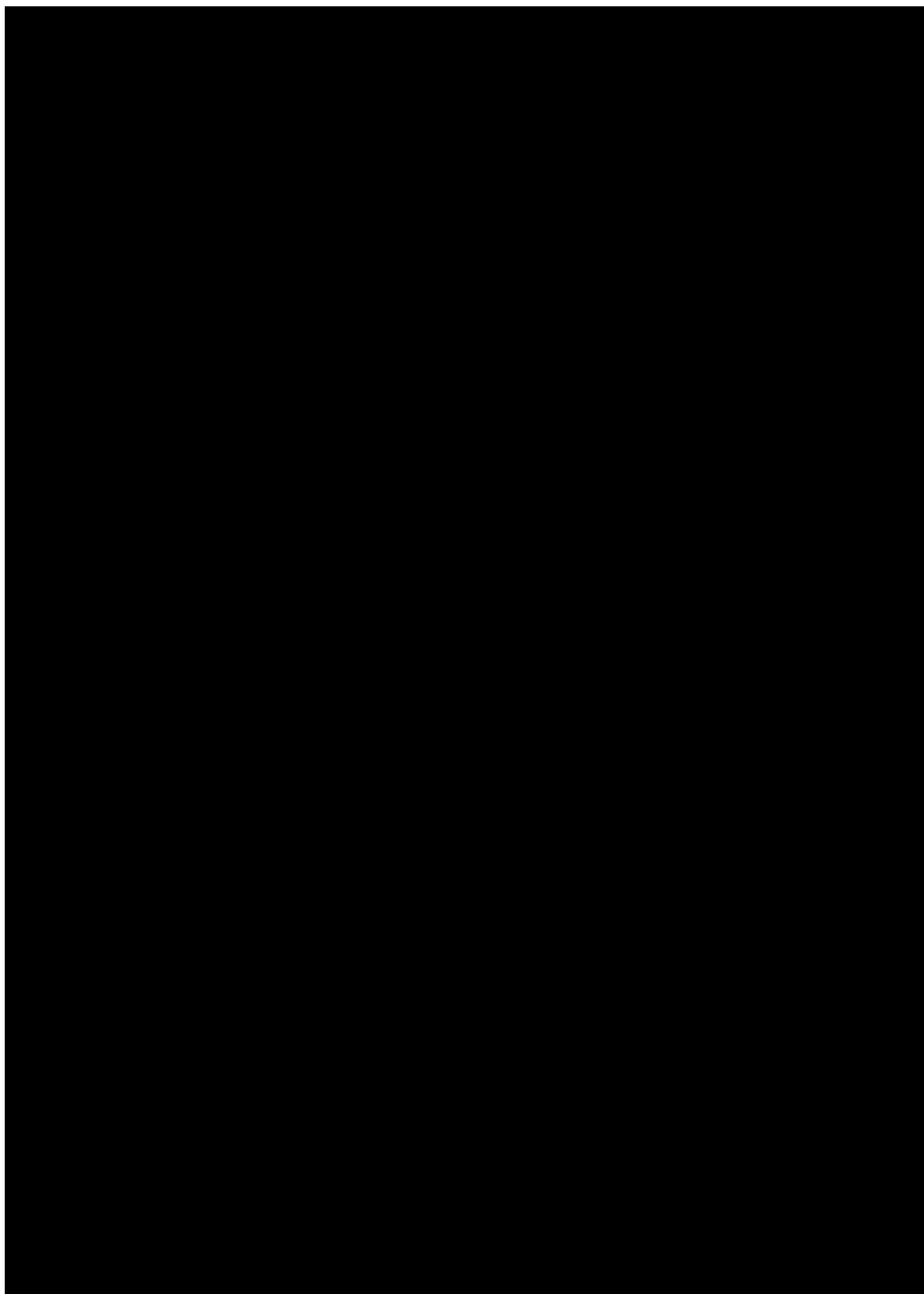


Рисунок - 3. Номограмма удельной энергоемкости фрезерования почвы

### 3. Задание 3. Определение основных параметров мотовила

#### 3.1. Суть технологического процесса

Основная функция мотовила - подводить стебли к режущему аппарату в момент их среза и удерживать при срезе. Качество работы мотовила зависит, в основном, от следующих его параметров: окружной скорости конца планки, радиуса, установки центра мотовила по высоте, шага и выноса оси мотовила вперед относительно режущего аппарата. Выбор этих параметров определяется свойствами и состоянием стеблестоя.

Планка мотовила совершает относительное перемещение по окружности радиуса  $R$  (рис. 4) и переносное перемещение вместе с валом мотовила (точкой  $O$ ) со скоростью  $V_m$ . В результате суммирования двух движений в абсолютном движении она описывает траекторию в виде циклоиды (трохоиды), в зоне петли  $ABB_1$  которой и происходит основное взаимодействие планки со стеблями убираемой культуры.

Контакт планки со стеблями начинается в точке  $A$ , в которой она (при оптимальном режиме работы) должна войти в хлебную массу вертикально сверху вниз. Если вынос вала мотовила вперед по отношению к режущему аппарату отсутствует, то при перемещении планки из точки  $A$  в точку  $B$  происходит отгиб пучка стеблей назад. Срезание стеблей, непосредственно контактирующих с планкой мотовила, начинается при достижении соответствующим радиусом  $R$  мотовила вертикального положения (планка находится в этот момент в точке  $B$ ). При этом режущий аппарат должен находиться непосредственно под планкой, то есть в точке  $C_0$ .

Последний стебель отклоняемого планкой пучка должен быть срезан в положении  $DB_1$ , когда он касается траектории движения в точке  $B_1$ . При дальнейшем перемещении планки мотовила вверх должен происходить возврат стебля по направлению поступательного перемещения вала и потеря контакта.

Таким образом, зона взаимодействия планки мотовила с режущим аппаратом ограничена дугой  $BB_1$  (для планки) и отрезком  $C_0C_1 = \sigma_1$  (для режущего аппарата).

На отрезке  $C_1C_2 = \sigma_2$  стебли отсутствуют (в результате их отгиба планкой мотовила вперед), поэтому режущий аппарат на этом участке работает вхолостую.

До начала зоны действия следующей планки мотовила (траектория движения которой показана на рисунке пунктирной линией), то есть, на отрезке  $C_2C_3 = \sigma_3$ , взаимодействие между планкой мотовила и режущим аппаратом отсутствует. Таким образом, теоретически (если не учитывать, что стебли имеют объем, в связи с чем действие планки мотовила распространяется за пределы непосредственной геометрической точки контакта) на этом участке происходит срезание свободно стоящих стеблей.

Суммирование трех рассмотренных выше участков, для которых характерен разный тип технологического процесса, дает величину теоретической ширины полосы стеблей, захватываемых одной планкой  $X_z$  (или поступательного перемещения комбайна, приходящегося на одну планку мотовила).

$$X_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad (1)$$

$$\text{С другой стороны, } X_z = 2\pi R/\lambda z \quad (2)$$

где  $\lambda = U/V_m$  – показатель кинематического режима мотовила;

$U$  – окружная скорость планки мотовила, м/с;

$R$  – радиус мотовила, м;

$V_m$  – скорость поступательного перемещения комбайна;

$z$  – число планок на мотовиле.

Основным показателем оценки качества работы мотовила считают коэффициент воздействия мотовила на стебли (коэффициент полезного

действия мотвила). Если пренебречь подпором стеблей ввиду наличия их фактического объема, то

$$\eta = \Delta X / X_z \quad (3)$$

Рисунок - 4. Схема взаимодействия мотвила и режущего аппарата при срезании стеблей в отсутствие выноса вала мотвила вперед по отношению к режущему аппарату

В случае учета взаимодействия (подпора) стеблей выражение примет вид

$$\eta_1 = \varepsilon^* \Delta X / X_z \quad (4)$$

где  $\varepsilon = 1,0 \dots 1,7$  – коэффициент, учитывающий взаимодействие между стеблями;

$$\Delta X = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (5)$$

- ширина полосы стеблей, срезаемых при взаимодействии режущего аппарата и планки мотовила, м.

Чтобы срезанные стебли не переваливались через планки мотовила вперед, точка контакта в момент среза должна находиться выше центра тяжести срезанной части стебля. Из этого условия радиус мотовила определяется по выражению:

$$R \leq \frac{l_c^2}{1,6(1+l_{cp})(1-\frac{1}{\lambda})} \quad (5)$$

где  $l_c = l_{cp} + h$  - средняя длина растений на поле, м;

$l_{cp}$  – длина срезанной части стебля, м;

$h$  – высота установки режущего аппарата над поверхностью поля (высота среза), м.

Коэффициент полезного действия мотовила можно увеличить, если вынести его вал вперед по отношению к режущему аппарату (по ходу комбайна). Тогда ширина полосы стеблей, срезаемых при взаимодействии планки мотовила и режущего аппарата увеличивается на величину  $\Delta$  (рис. 6). То есть,



$$\Delta X^1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \Delta \quad (6)$$

Следовательно,  $\Delta X^1 > \Delta X$

$$\text{Тогда } \eta_2 = \Delta X^1 / X_z \quad (7)$$

Следовательно,  $\eta_2 > \eta_1$ .

**Следует иметь в виду, что вынос мотовила вперед по ходу комбайна обеспечивает лучшее взаимодействие его планок с режущим аппаратом, но ухудшает взаимодействие со шнеком жатки.**

### **3.2. Исходные данные**

Приведены в таблице (Приложение 3). Студент выбирает вариант согласно его позиции в списке группы в алфавитном порядке.

### **3.3. Требования к выполнению работы**

Графическая часть выполняется на листе формата А1 (ориентация листа горизонтальная). На правой половине построить траекторию движения планки мотовила без выноса его вала вперед по отношению к режущему аппарату, а на левой половине листа – при наличии максимально допустимого выноса вала мотовила вперед по отношению к режущему аппарату. Масштаб построения должен соответствовать ЕСКД и позволять максимально полно использовать площадь листа (приложение 5).

**Внимание,** если в конкретном пункте алгоритма расчета отсутствует указание по степени округления, то результаты расчетов округлять, оставляя не менее двух знаков после запятой. При вычислении длины отрезков, которые необходимо отложить на чертежах (рис. 4 и 5) в процессе построения траекторий движения планки мотовила, результат расчета округлять с точностью до миллиметра.

### 3.4. Порядок выполнения работы

#### *А) Вынос мотовила отсутствует*

1) Отступив (в выбранном масштабе) от верха рамки листа на величину ( $R + 15 \dots 20$  мм) провести горизонтальную линию, на которой в правой части половины листа формата  $A1$  отметить точку  $O$  и радиусом  $R$  выполнить полуокружность, которая представляет собой траекторию относительного движения планки мотовила (рис.4 и приложение 5).

2) Начиная от верхней точки ( $O$ ), находящейся на конце радиуса мотовила в его вертикальном положении, разбить полуокружность на шесть частей через  $30^0$ . Разбивку осуществить методом засечек циркулем радиусом  $R$ , либо иным способом, если построение выполняется в графическом редакторе «Компас – 3D». Обозначить полученные точки цифрами от 1 до 6.

3) Через полученные на окружности точки 1 ... 6 провести влево горизонтальные линии, которые являются траекториями переносного движения планки мотовила при его повороте на соответствующий угол.

4) Построить траекторию перемещения планки мотовила в абсолютном движении, начиная от точки  $O(12)$ , следующим образом:

- Определить путь, пройденный комбайном на время одного оборота мотовила по формуле (8)

$$X_{об} = 2\pi R/\lambda \quad (8)$$

- Определить путь, пройденный комбайном за время поворота мотовила на угол  $30^0$ , по формуле (9)

$$X_1 = X_{об}/12 \quad (9)$$

- От точки (1) отложить влево по горизонтальной линии (траектории переносного движения) отрезок  $X_1$ . Полученная в результате точка ( $1'$ ) принадлежит траектории перемещения планки мотовила в абсолютном движении при ее повороте от исходного положения на угол  $30^0$ .

- При повороте мотовила на угол  $60^0$  от исходного положения путь, пройденный комбайном, удваивается. То есть

$$X_2 = 2 * X_1 \quad (10)$$

Отложив от точки (2) величину переносного движения  $X_2$  за период поворота мотовила на угол  $60^0$  от исходного положения, получить точку ( $2'$ ), принадлежащую траектории абсолютного движения планки мотовила.

- Аналогичным образом построить точки ( $4'$  ...  $6'$ ), последовательно увеличивая длину отрезка переносного движения на  $X_1$ . В результате, например, при повороте мотовила на угол  $90^0$  от точки (6) следует отложить отрезок  $X_6 = 6 * X_1$ . Полученная точка ( $6'$ ) является нижней точкой траектории абсолютного движения планки мотовила.

- Положение точек ( $7'$  ...  $11'$ ) можно строить аналогичным образом, продолжая последовательно увеличивать отрезок переносного движения на величину  $X_1$ , либо зеркально отразить точки ( $2'$  ...  $5'$ ) относительно вертикальной оси симметрии, проходящей через точку ( $6'$ ), дополнительно обозначенную на рис. 4 буквой  $B$ . Точку ( $12'$ ), являющуюся зеркальным отражением точки (0 ( $12$ )), при наличии на чертеже места, целесообразно построить. В противном случае, при проведении траектории в графическом редакторе «Компас 3D», могут возникнуть нежелательные искажения и асимметрия.

Рисунок 5 - Влияние выноса мотвила на взаимодействие его планки со  
стеблями и режущим аппаратом

- Соединив (вручную или посредством команды «Сплайн по точкам» в редакторе «Компас 3D») построенные точки  $(0, 1' \dots 11', 12')$ , получить траекторию перемещения планки мотовила в абсолютном движении.

5) Переместив точки  $(0, 1' \dots 11', 12')$  траектории абсолютного движения влево на величину  $X_z$ , найденную по формуле (2), построить траекторию абсолютного движения следующей планки мотовила (точки  $1'' \dots 9''$ , ...), обозначив ее пунктирной линией. Построить столько точек второй трохоиды, сколько позволяет поле чертежа и выбранный масштаб. Главное, чтобы была изображена петля трохоиды.

6) Найти положение точки А начала внедрения планки мотовила в хлебную массу вертикально сверху вниз, для чего выполнить следующие действия:

- Найти величину угла  $\varphi_1$  по формуле (11),

$$\varphi_1 = \arcsin(1/\lambda) \quad (11)$$

**Внимание!** Угол  $\varphi_1$  будет получен в радианах.

- Найти высоту  $\Delta h$  расположения точки А относительно траектории движения вала мотовила (линии  $OO'$ ) по формуле (12)

$$\Delta h = R \sin \varphi_1 \quad (12)$$

- Отложить отрезок  $\Delta h$  вниз от горизонтальной линии  $OO'$  и, проведя горизонтальную линию до ее пересечения с петлей трохоиды, получить искомую точку А.

7) Отложив от точки А вниз величину срезаемой части стебля  $l_{cp}$ , получить положение траектории перемещения режущего аппарата (штрихпунктирная линия на рис. 4). Таким образом, высота  $H$  размещения вала мотовила над режущим аппаратом получается автоматически.

8) Отложив от траектории движения режущего аппарата вниз величину  $h$  (высоту среза), провести линию, обозначающую поверхность поля (сплошная линия на рис. 4).

9) Из точки  $A$  построить положение первого стебля, с которым начинается контакт планки мотовила с хлебной массой (стебель  $AD$ ).

10) Из точки  $D$  построить по касательной к петле трохойды конечное (наклонное) положение первого стебля ( $DB_1$ ), соответствующее моменту его срезания режущим аппаратом в точке  $C_1$ .

11) Из точки  $E$ , находящейся на оси симметрии петли трохойды, построить положение вертикального стебля ( $EB$ ) перерезаемого в точке  $C_0$  первым из всего пучка стеблей, срезаемых режущим аппаратом при взаимодействии с данной планкой мотовила.

12) Обозначить точки  $C_2$  и  $C_3$ , между которыми все стебли срезаются режущим аппаратом без участия в технологическом процессе планки мотовила. При этом иметь в виду, что точка  $C_2$  находится на пересечении первого стебля ( $AD$ ) с траекторией движения режущего аппарата, а точка  $C_3$  находится на пересечении вертикальной оси симметрии ( $F6''$ ) петли второй трохойды (штриховая линия) также с траекторией движения режущего аппарата. Изобразить несколько стеблей, расположенных между точками  $C_2$  и  $C_3$ .

13) Обозначить длину характерных участков  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ ,  $\Delta X$  и  $X_z$ . Измерить их длину и по формулам (3) и (4) найти коэффициенты полезного действия мотовила без учета взаимодействия между стеблями и с учетом указанного взаимодействия.

### ***Б) При максимальном выносе вала мотовила вперед***

1) На второй половине листа формата А1 изобразить (воспроизвести с рисунка 4) две петли трохойды, а также поверхность поля и траекторию движения режущего аппарата (рис. 5) в масштабе увеличения (по сравнению с

построениями на первой половине листа) M2:1. То есть, если первое построение выполнено в масштабе M1:10, то второе следует выполнить в масштабе M1:5 (приложение 5). При этом следует воспроизвести точку  $A$ , вертикальный стебель  $AD$  и радиус мотвила  $AO_1$ , а также траекторию движения вала мотвила. Кроме того, целесообразно воспроизвести стебли, которые на рис. 4 размещены левее стебля  $AD$ .

2) Определить графически максимально возможную величину выноса мотвила  $b_{max}$ , для чего выполнить следующие построения:

- Считая, что стебель при отклонении его планкой мотвила остается прямолинейным, поворачиваясь в точке  $D$  как в шарнире, раствором циркуля  $AD = l$  выполнить засечку на петле трохойды, получив точку  $B_2$ , являющуюся верхней точкой колоса. Построить стебель  $DB_2$  в этом наклонном положении.

- Считая, что в точке  $B_2$  контакт планки мотвила со стеблем нарушается, найти положение вала мотвила, соответствующее данному моменту. Для этого из точки  $B_2$  выполнив засечку циркулем радиусом  $R$  на траектории перемещения вала мотвила получить точку  $O_3$ , которая соответствует моменту завершения взаимодействия между планкой и стеблем.

- Поскольку в момент, изображенный на рисунке 5, контакт между планкой мотвила и стеблем завершается, то последний должен быть перерезан, то есть режущий аппарат в момент потери контакта должен быть размещен в точке  $n5$ .

- Расстояние между горизонтальными координатами точек  $O_3$  и  $n5$  представляет собой искомую величину максимального выноса вала мотвила  $b_{max}$  вперед по отношению к режущему аппарату.

3) Методом графической интерполяции (с учетом величины  $b_{max}$ ) определить положение стебля, отклоняемого планкой мотвила пучка стеблей, первым перерезаемого режущим аппаратом. Для этого выполнить следующие построения:

- Поместить вал мотвила в исходное положение (точку  $O$ ), находящуюся на пересечении вертикальной оси симметрии петли трохойды и

траектории движения вала. При этом радиус мотовила принимает вертикальную ориентацию (рис. 5), а режущий аппарат оказывается размещенным в точке  $n1$ , горизонтальная координата которой «отстает» от соответствующей координаты вала на величину  $b_{max}$ .

- Разделить разницу между горизонтальными координатами режущего аппарата и вала пополам и переместить на эту величину ( $b_{max}/2$ ) вал и режущий аппарат вперед. В результате режущий аппарат должен переместиться в точку  $n2$ , а вал мотовила в точку  $O'$ . Радиусом  $R$  из точки  $O'$  выполнить засечку на петле трохойды, получив, таким образом, новое положение планки мотовила.

- Поскольку планка мотовила остается при этом впереди режущего аппарата, продолжить графическую интерполяцию, например, переместив вал и режущий аппарат вперед еще на ( $b_{max}/4$ ). В результате режущий аппарат оказывается в точке  $n3$ , а вал мотовила в точке  $O''$ . Из точки  $O''$  радиусом  $R$  выполнить засечку на петле трохойды. В варианте, изображенном на рисунке 5, горизонтальные координаты режущего аппарата и планки мотовила практически совпали, поэтому считаем графическую интерполяцию завершенной. В иных конкретных случаях, когда координаты не совпадают на величину, превышающую в принятом масштабе 1 мм, следует переместить вал мотовила и режущий аппарат еще раз на половину имеющейся разницы в их горизонтальных координатах.

- Разместить вертикальный стебель  $E'n3$  так, чтобы он контактировал и с планкой мотовила, и с режущим аппаратом (рис. 5). Считаем, что именно этот стебель отгибаемого планкой мотовила пучка стеблей должен быть перерезан режущим аппаратом первым. При этом последним должен быть перерезан в точке  $n5$  стебель  $DB_2$ , первым вступивший в контакт с планкой мотовила.

4) Результат построения свидетельствует о том, что ширина пучка стеблей, перерезаемых режущим аппаратом при взаимодействии с планкой мотовила, увеличилась на величину  $\Delta$ . Измерить длину  $\Delta$  и найти коэффициент



полезного действия мотвила при наличии выноса его вала вперед по отношению к режущему аппарату на расстояние  $b_{max}$ , воспользовавшись формулами (6) и (7). Сопоставить полученный результат с результатом аналогичного расчета, выполненного для варианта с отсутствием выноса мотвила. Сделать выводы о степени изменении параметра (на сколько увеличился КПД?).

5) Нанести необходимые обозначения и завершить оформление чертежа.

## Библиографический список

1. Стандарт предприятия. Выпускные квалификационные работы, курсовые проекты (работы). Общие требования и оформление. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2017. – 84 с.
2. Кузнецов В.В. Теория и расчёт сельскохозяйственных машин. Учебное пособие. Ч. I. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2014. - 61 с.
3. Кузнецов В.В. Теория и расчёт сельскохозяйственных машин. Учебное пособие. Ч. II. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2014. – 70 с.
4. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Зерноуборочные комбайны. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2016. – 252 с.
5. Халанский В.М., Горбачёв И.В. Сельскохозяйственные машины. – Санкт-Петербург: КВАДРО, 2014. – 624 с.
6. Ермольев Ю.И., Чистяков А.Д. и др. Основы проектирования сельскохозяйственных машин и предприятий : учебник / Ю. И. Ермольев [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю. И. Ермольева. -Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2016. – 553 с.
7. Основы теоретической механики. Расчеты механизмов сельскохозяйственных машин: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" / В. А. Киров, Ю.З. Кирова; М-во сел. хоз-ва РФ, ФГОУ ВПО "Самар. гос. с.-х. акад." - Самара: Изд-во Самар. гос. с.-х. акад., 2007. - 138, с.
8. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин : Учеб. пособие для студентов вузов по спец. "Механизация сел. хоз-ва": Киев: Изд-во УСХА, 1992. - 235 с.
9. ГОСТ 21.101-79. Основные требования к рабочим чертежам.
10. ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
11. ГОСТ 2.101-68 ЕСКД. Виды изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1971.

12. ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов. – М.: Стандартиформ, 2014.
13. ГОСТ 2.104-2006. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи. – М.: Изд-во стандартов, 2006.
14. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Спецификация. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
15. ГОСТ 2.109-73\* ЕСКД. Основные требования к чертежам. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
16. ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения - виды, разрезы, сечения. – М.: Стандартиформ, 2009.
17. ГОСТ 2.306-68 ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах. – М.: Изд-во стандартов, 1971.
18. ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. – М.: Стандартиформ, 2012.
19. ГОСТ 2.316-2008 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц. – М.: Стандартиформ, 2009.
20. ГОСТ 2.311-68\* ЕСКД. Изображение резьбы. – М.: Изд-во стандартов, 1971.
21. ГОСТ 2.420-69 Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах. - М.: Изд-во стандартов, 1971.
22. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. –М : Высшая школа, 2002. - 493 с.
23. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Высш. шк., 1990.
24. Ануриев В.И., Жесткова И.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах : справочное издание. Том 3 / В.И. Ануриев. Под ред. И.Н. Жестковой. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2006, - 928 с.
25. Ануриев В.И., Жесткова И.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах : справочное издание. Том 2 / В.И. Ануриев. Под

ред. И.Н. Жестковой. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2006, - 960 с.

26. Анурьев В.И., Жесткова И.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах : справочное издание. Том 2 / В.И. Анурьев. Под ред. И.Н. Жестковой. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2006, - 960 с.

27. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : Учебник для вузов / В.С.Левицкий. - Изд. 5-е перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 2001. - 429 с.

28. Вознесенская О.М., Цыганкова Л.П. Чтение и детализация чертежей общего вида изделий РЭА: метод. указания к выполнению задания по инженерной графике всех форм обучения. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003.

29. Чекмарев А.А. Инженерная графика : рекомендовано Мин. образования / А.А.Чекмарев. - 5-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. - 365 с.

30. Чекмарев А.А. Альберт Анатольевич. Инженерная графика : Рекомендовано Мин. образования и науки РФ в качестве учебника для студентов немашиностроительных специальностей вузов / А.А. Чекмарев. - 9-е изд. перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2007. - 382 с

31. Ройтман И.А., Кузьменко В.И. Основы машиностроения в черчении: учебник. – Изд.2-е, перераб. и доп. – М.: Владос, 2000. 437 с.

32. Астанин В.В. Техническая механика : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Агроинженерия" Кн. 2: Сопротивление материалов / В. В. Астанин - Москва: Машиностроение, 2012. - 159 с.

33. Беляев А.Н., Шередекин В.В. Сопротивление материалов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" / А. Н. Беляев, В. В. Шередекин; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Петра I"- Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2013. - 559 с.

Приложения

Приложение 1

Исходные данные для построения лобового контура рабочей поверхности корпуса плуга

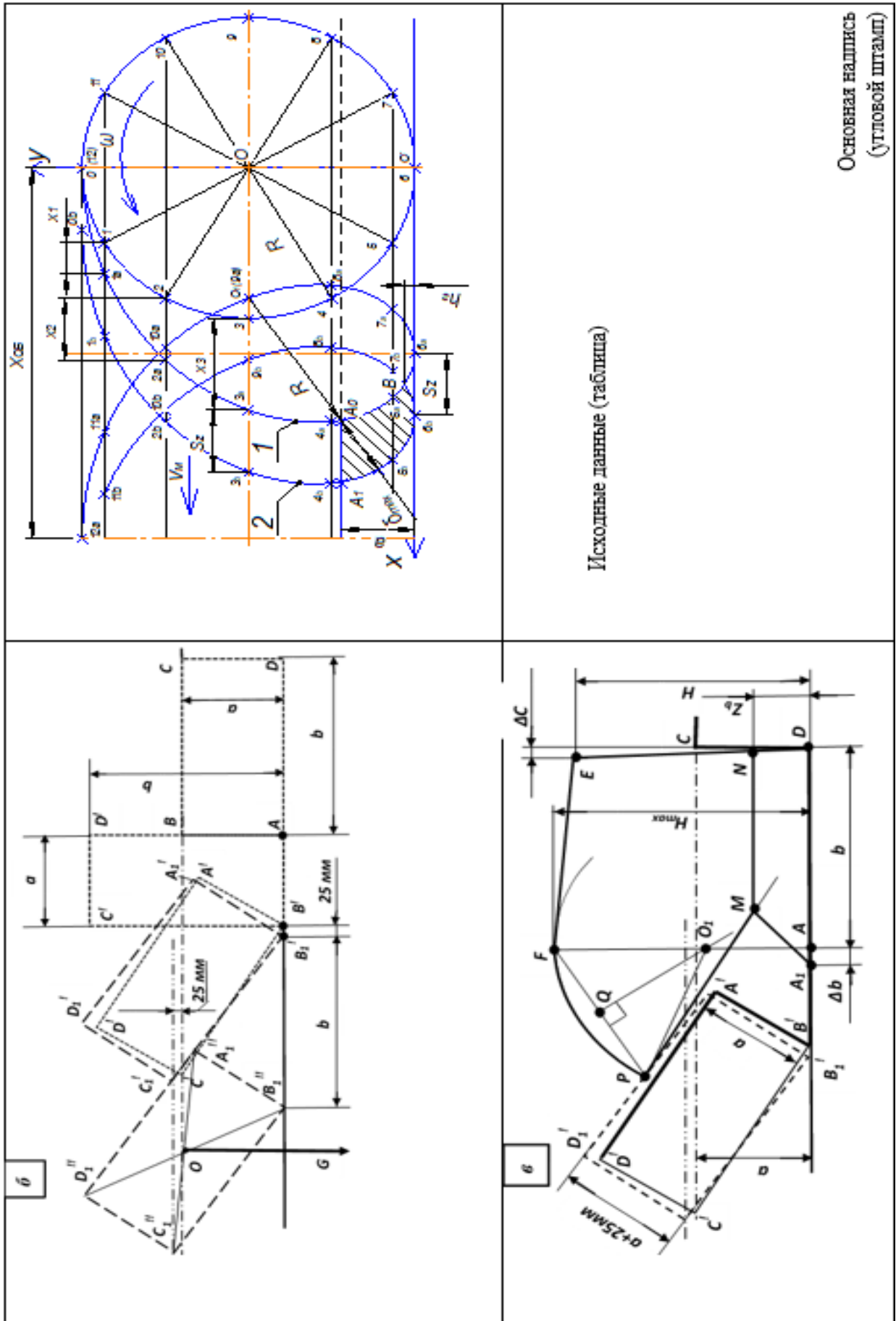
№ варианта	Ширина Захвата $b$ , м	Глубина вспашки $a$ , м	$\Delta b$ , мм	$\Delta$ , мм	$\Delta H$ , мм	$Z_b$ , мм
1	0,3	0,20	20	10	4	55
2	0,32	0,22	22	12	8	65
3	0,34	0,24	24	14	12	75
4	0,36	0,25	26	16	16	60
5	0,38	0,28	28	18	20	70
6	0,4	0,28	30	20	4	55
7	0,3	0,20	32	10	8	65
8	0,32	0,21	34	12	12	75
9	0,34	0,23	36	14	16	60
10	0,36	0,24	38	16	20	70
11	0,38	0,25	40	18	4	55
12	0,4	0,27	20	20	8	65
13	0,31	0,21	22	10	12	75
14	0,33	0,23	24	12	16	60
15	0,35	0,24	26	14	20	70
16	0,37	0,25	28	16	4	55
17	0,39	0,27	30	18	8	65
18	0,41	0,29	32	20	12	75
19	0,31	0,20	34	10	16	60
20	0,33	0,22	36	12	20	70
21	0,35	0,24	38	14	4	55
22	0,37	0,25	40	16	8	65
23	0,39	0,27	24	18	12	75
24	0,41	0,28	26	20	16	60
25	0,35	0,23	28	15	20	70
26	0,42	0,28	30	17	15	75
27	0,35	0,23	25	20	18	60
28	0,36	0,22	25	20	20	67
29	0,37	0,23	30	16	16	66
30	0,4	0,27	30	15	15	70

## Исходные данные для расчета фрезы

№ вар.	$R$ , м	$B$ , м	$\lambda$	$n$ мин <sup>-1</sup>	$a$ , м
1	0,28	1,8	2,7	200	0,15
2	0,27	1,7	2,7	200	0,15
3	0,26	1,6	2,6	200	0,14
4	0,25	1,9	2,6	220	0,14
5	0,24	2,0	2,7	220	0,13
6	0,23	2,1	2,7	220	0,13
7	0,22	2,2	2,6	220	0,12
8	0,21	2,3	2,6	230	0,12
9	0,2	2,4	2,9	230	0,11
10	0,19	2,5	2,9	230	0,11
11	0,18	2,6	2,9	230	0,1
12	0,17	3,0	3,0	220	0,1
13	0,16	3,1	3,0	225	0,09
14	0,28	3,2	2,8	205	0,16
15	0,27	3,0	2,8	205	0,16
16	0,26	2,8	2,8	205	0,16
17	0,25	2,6	2,7	205	0,15
18	0,24	2,5	2,7	210	0,15
19	0,23	2,2	2,7	210	0,14
20	0,22	2,0	2,8	210	0,14
21	0,21	1,8	2,8	210	0,13
22	0,2	1,6	2,8	220	0,13
23	0,19	1,7	2,9	220	0,11
24	0,18	1,9	2,9	220	0,11
25	0,17	2,0	3,0	225	0,1
26	0,16	2,0	3,0	220	0,1
27	0,2	2,1	3,0	225	0,11
28	0,21	2,2	2,8	230	0,12
29	0,22	2,3	2,9	215	0,12
30	0,24	2,4	2,9	215	0,12

## Исходные данные для расчета мотовила.

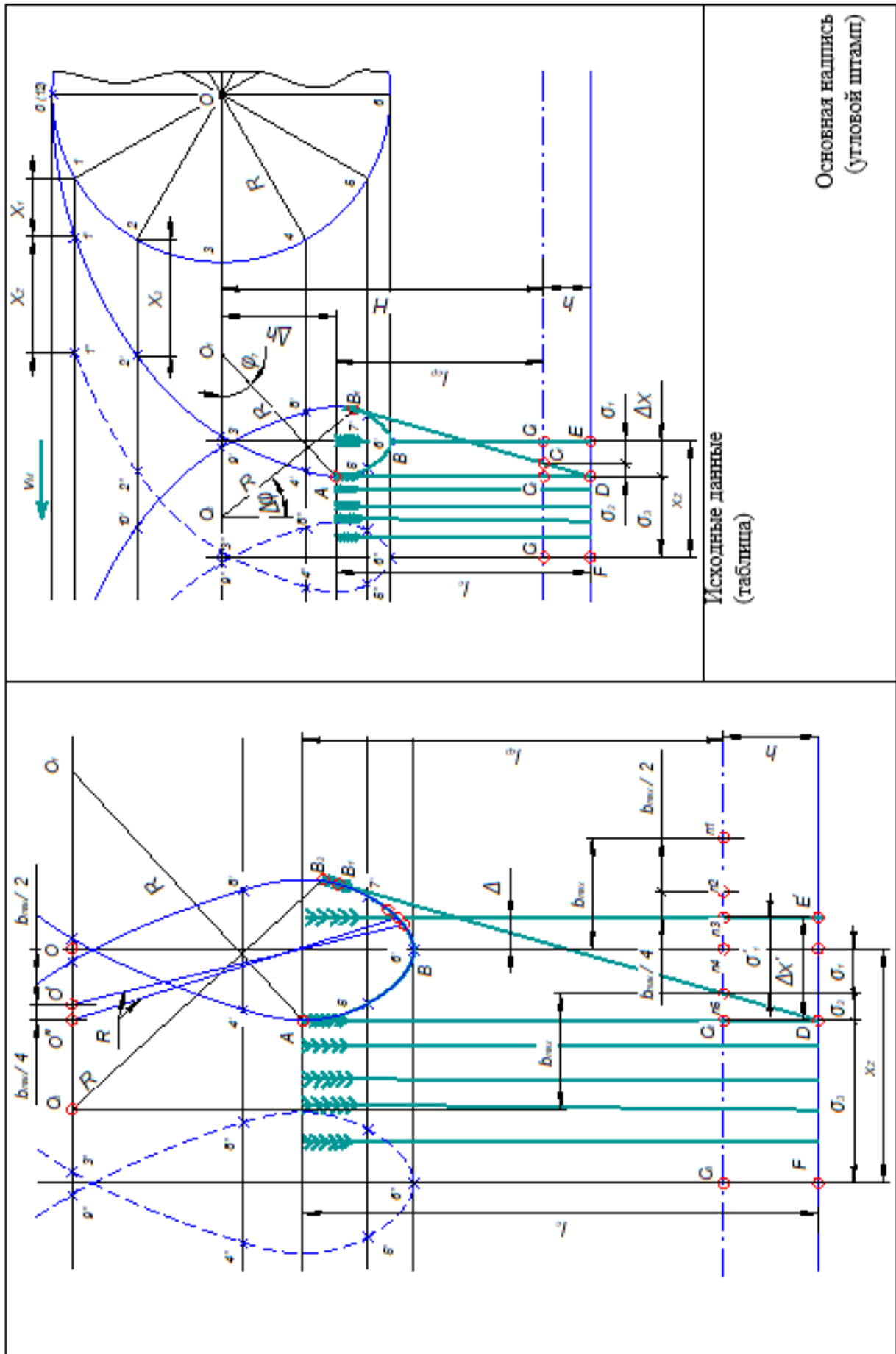
№ вар.	$l_{cp}, м$	$h, м$	$V_m, м/с$	$\lambda$	$z$	$\varepsilon$
1	0,85	0,12	0,65	1,5	5	1,3
2	0,85	0,14	0,7	1,52	6	1,1
3	0,85	0,16	0,75	1,54	5	1,2
4	0,85	0,18	0,8	1,56	6	1,3
5	0,85	0,2	0,85	1,58	5	1,4
6	0,8	0,1	0,9	1,6	6	1,5
7	0,8	0,12	1,0	1,58	5	1,6
8	0,8	0,14	1,05	1,56	6	1,4
9	0,8	0,16	1,1	1,54	5	1,2
10	0,8	0,18	1,1	1,52	6	1,2
11	0,95	0,2	1,0	1,5	5	1,1
12	0,9	0,18	1,25	1,52	6	1,3
13	0,9	0,16	1,2	1,54	5	1,2
14	0,9	0,14	1,3	1,56	6	1,3
15	0,9	0,12	1,35	1,55	5	1,1
16	0,8	0,11	1,25	1,5	6	1,25
17	0,85	0,15	1,1	1,51	5	1,2
18	0,85	0,17	0,9	1,56	6	1,3
19	0,85	0,16	0,85	1,53	5	1,4
20	0,85	0,18	0,95	1,52	6	1,3
21	0,9	0,2	1,0	1,53	5	1,25
22	0,9	0,18	0,95	1,56	6	1,25
23	0,9	0,16	1,1	1,55	5	1,3
24	0,9	0,14	1,25	1,52	6	1,3
25	0,9	0,12	1,4	1,54	5	1,4
26	0,8	0,11	1,3	1,55	6	1,4
27	0,8	0,13	1,35	1,53	5	1,4
28	0,8	0,14	1,2	1,5	6	1,3
29	0,8	0,16	0,95	1,52	5	1,41
30	0,8	0,18	0,9	1,54	6	1,28



Исходные данные (таблица)

Основные надписи  
(угловой штамп)





ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Ожерельев Виктор Николаевич

Кузнецов Владимир Васильевич

# **Методическое пособие к курсовой работе по сельскохозяйственным машинам**

## **Часть 1**

Учебно-методическое пособие

для студентов вузов очного и заочного обучения по направлению бакалавриат

35.03.06 Агроинженерия, профиль образовательной программы

«Технические системы в агробизнесе»

Редактор Павлютина И.П.

---

Подписано к печати 19.10.2017 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2.49. Тираж 25 экз. Изд. № 5404.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ

