

**РАСЧЕТ И
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА
ПЛУГА ДЛЯ СПЛОШНОЙ
ВСПАШКИ**

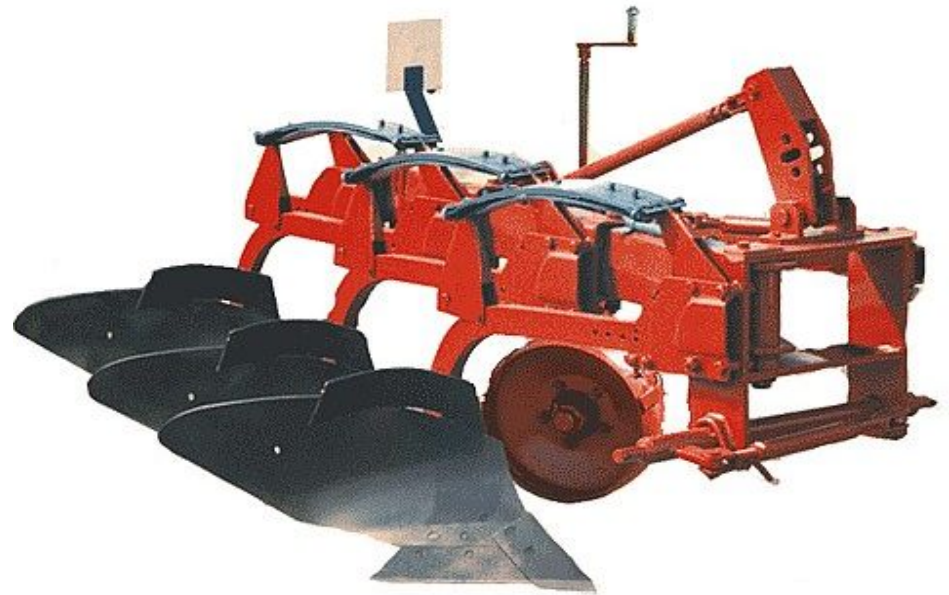
ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Исходные требования.
2. Выбор типа отвала.
3. Построение лобовой проекции.
4. Построение направляющей кривой.
5. Построение горизонтальной проекции.
6. Построение разреза отвала.
7. Построение шаблонов.

Плуги для сплошной вспашки



ПЛН-4-40



ПКМП-3-40Р



ПН-3-35



ПГП-4-40-3К

1. Исходные требования

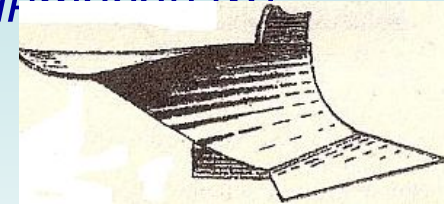
- глубина вспашки « a »;
- ширина захвата корпуса плуга – « b » или отношение ширины захвата к глубине вспашки $k=b/a=1,4-2,0$;
- лесотехнические требования, в которых должны быть указаны: тяговый класс тракторов, с которыми агрегатируется плуг;
- место в системе машин, условия работы (открытые площади, вырубки, заросшие кустарником и др.);
- типы почвы (пределы влажности и твердости почвы);
- степень крошения пласта; величина его оборота;
- глубина заделки растительных остатков;
- значения допустимых отклонений по глубине вспашки и ширине захвата.

2. Выбор типа отвала

В лемешных плугах для сплошной вспашки применяют два типа отвала: полуцилиндрический или культурный (а) и полувинтовой (б).



а



б

Первый тип применяют, когда требуется хорошо крошить пласт и достаточно полно его оборачивать. Второй тип – когда надо обеспечивать хороший оборот пласта и достаточно крошить его.

Эти технические характеристики достигаются различием в изменении угла наклона образующей к стенке борозды – θ , и угла наклона направляющей ко дну борозды γ_0 .

В качестве образующей принята горизонтальная прямая, а в качестве направляющей, по которой перемещается образующая, кривая в виде параболы. Парабола располагается в вертикальной плоскости, перпендикулярно лезвию лемеха.

Если образующая перемещается параллельно самой себе, то отвал приобретает цилиндрическую форму. Если при перемещении образующей по направляющей из самого нижнего положения в верхнее, угол между образующей и стенкой борозды увеличивать на $5-8^\circ$, то поверхность отвала будет полуцилиндрической, если на $8-15^\circ$, то полувинтовой.

Выбираются три значения угла θ : θ_0 ; θ_{min} ; θ_{max} . Образующая с θ_0 совпадает с лезвием ножа; θ_{min} – совпадает с линией стыка лемеха и отвала; θ_{max} – верхний обрез. Рекомендуется принимать следующие значения:

Для культурных отвалов:

$$\theta_0 = 40...45^\circ;$$

$$\theta_{min} = \theta_0 - (1...2^\circ);$$

$$\theta_{max} = \theta_0 + (2...7^\circ).$$

Для полувинтовых отвалов:

$$\theta_0 = 35...40^\circ;$$

$$\theta_{min} = \theta_0 - (2...4^\circ);$$

$$\theta_{max} = \theta_0 + (7...15^\circ).$$

Угол $\gamma_0 = 20...25^\circ$ - для полувинтовых и $25...35^\circ$ - для культурных отвалов. Приняв значения θ_0 ; θ_{min} ; θ_{max} и γ_0 приступают к расчету и проектированию.

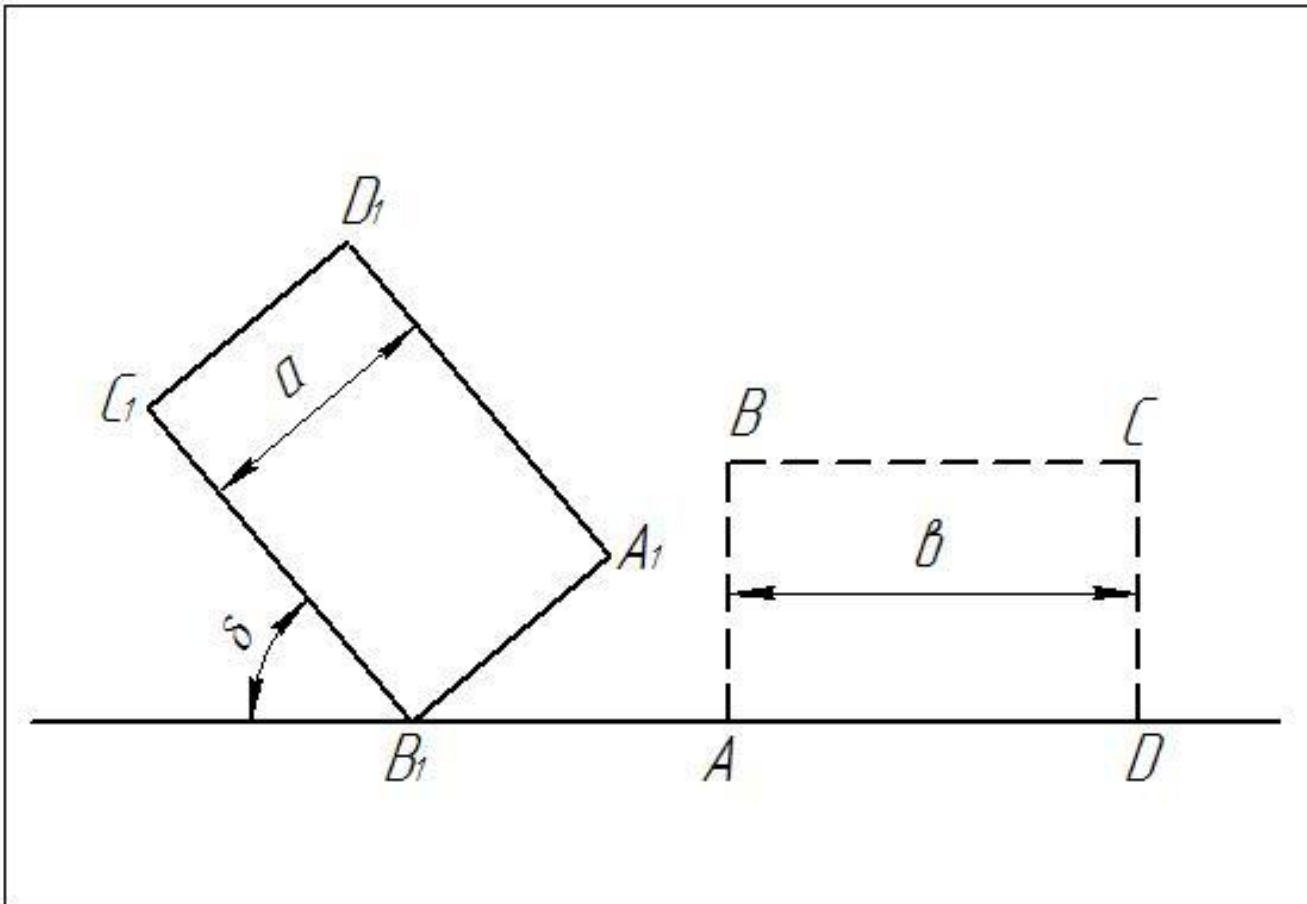
3. Построение лобовой проекции

1. По заданным a и K находят ширину пласта.

$$b = K \cdot a;$$

2. Строят поперечное сечение пласта размером $b \times a$ в начальном и конечном положениях. При этом угол наклона пласта к горизонту

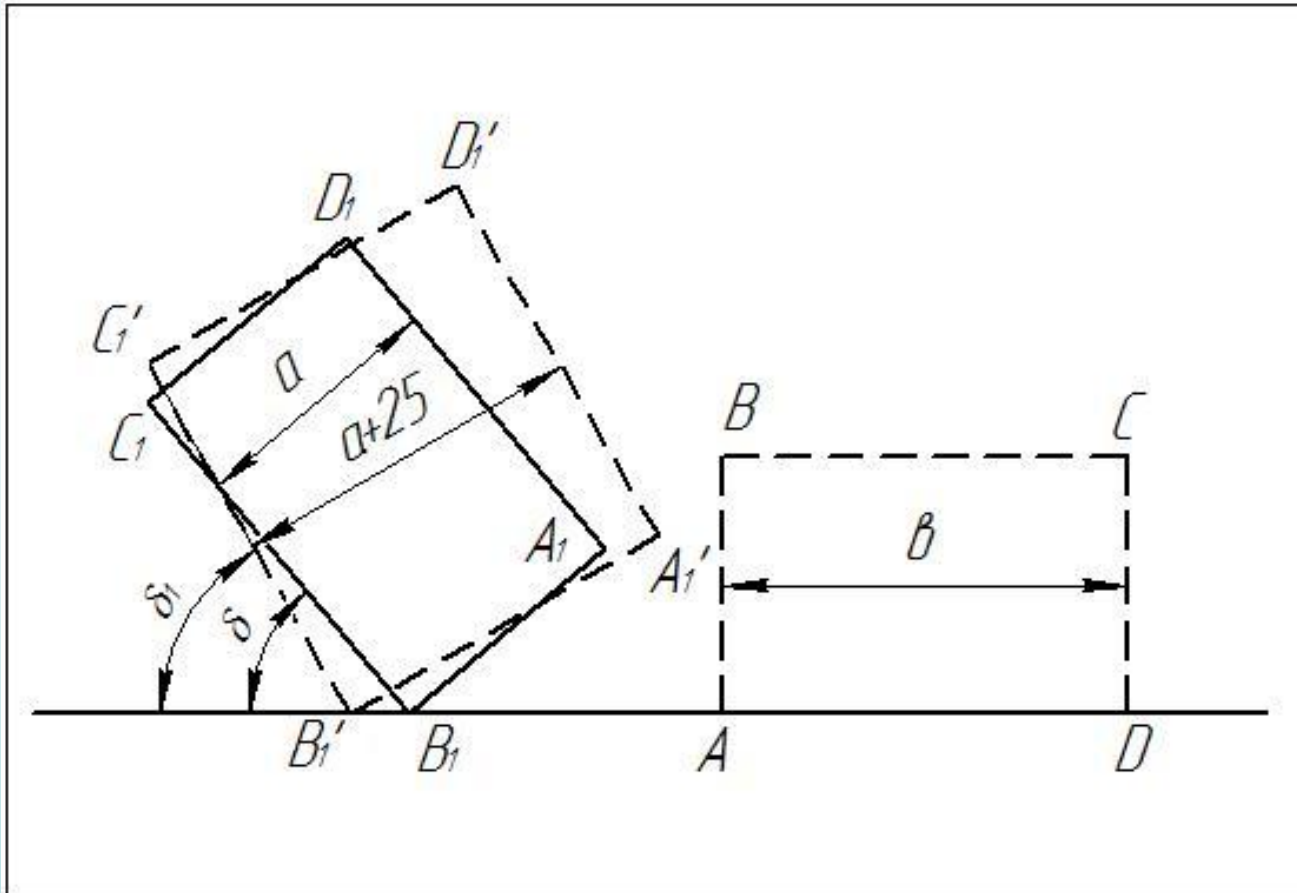
$$\delta = \arcsin \frac{a}{b};$$



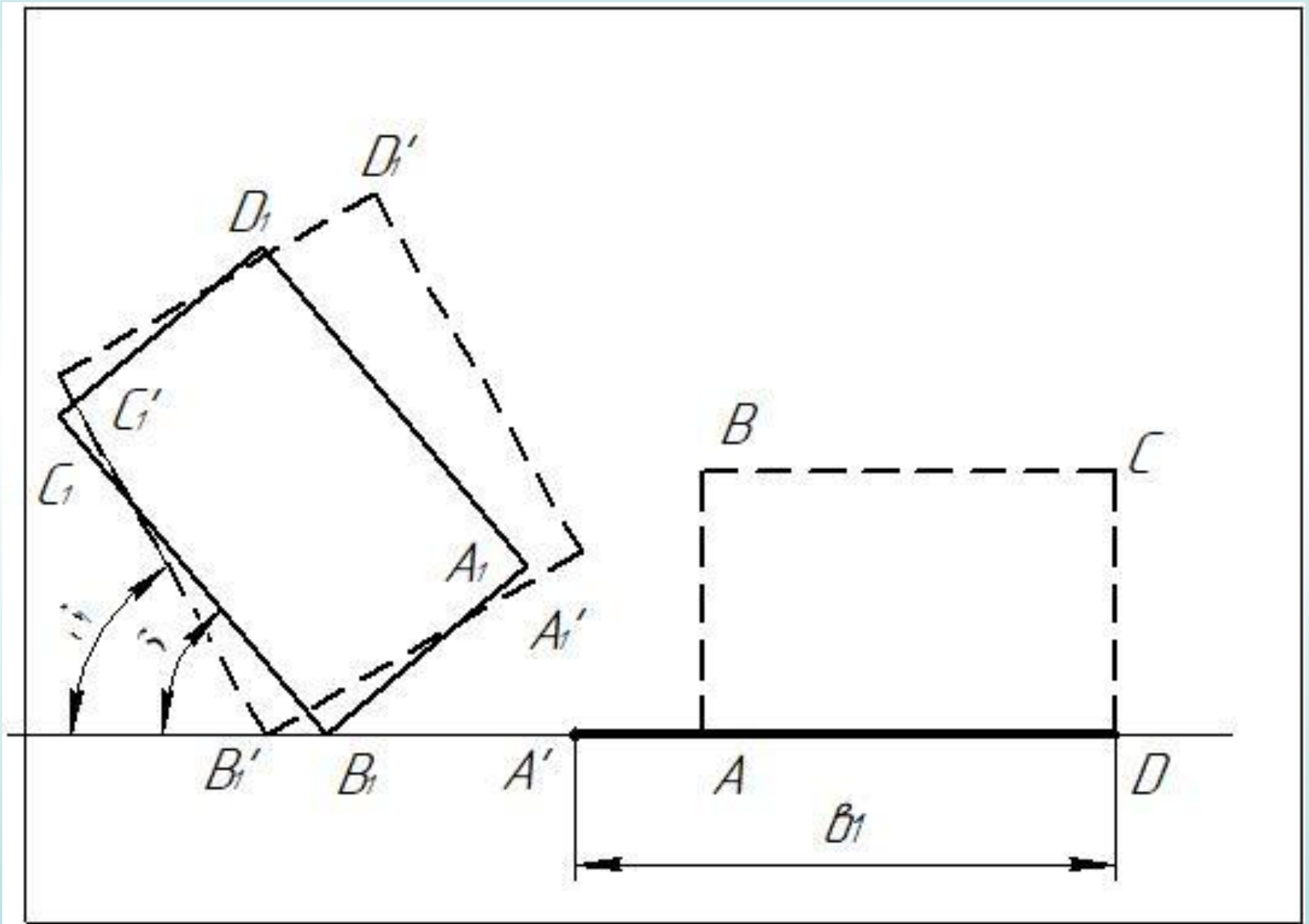
3. Строят пунктирной линией конечное положение сечения пласта размером $(a+25)v$, деформированного под действием отвала, при этом

$$\delta_1 = \arcsin \frac{a+25}{v};$$

Нижняя вершина деформированного пласта B_1' смещается в сторону от вершины B_1 примерно на величину $1/2\Delta b$, где $\Delta b = 20\dots30$ мм – величина перекрытия корпусов.

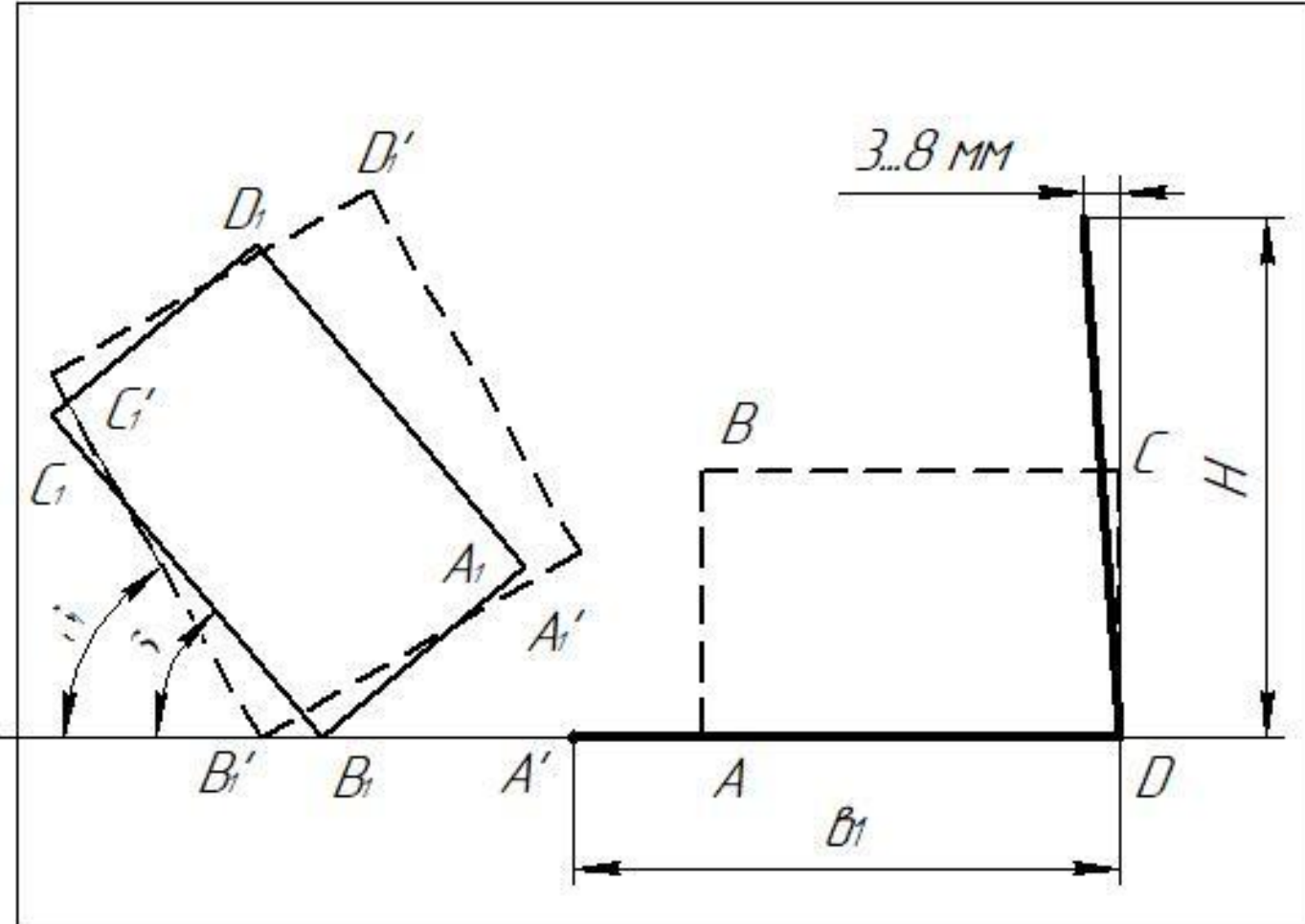


4. На горизонтальной линии откладывают проекцию лезвия лемеха. Ее длина $b_1 = b + \Delta b$.



5. Обозначают полевой обрез лемеха и отвала. С целью уменьшения потери энергии на трение полевого обреза о стенку борозды, линию обреза отклоняют от вертикали в сторону борозды на величину в верхней точке $K_1 - 3...8$ мм. Высота полевого обреза $H = e \pm \Delta H$, где $\Delta H = 10-30$ мм.

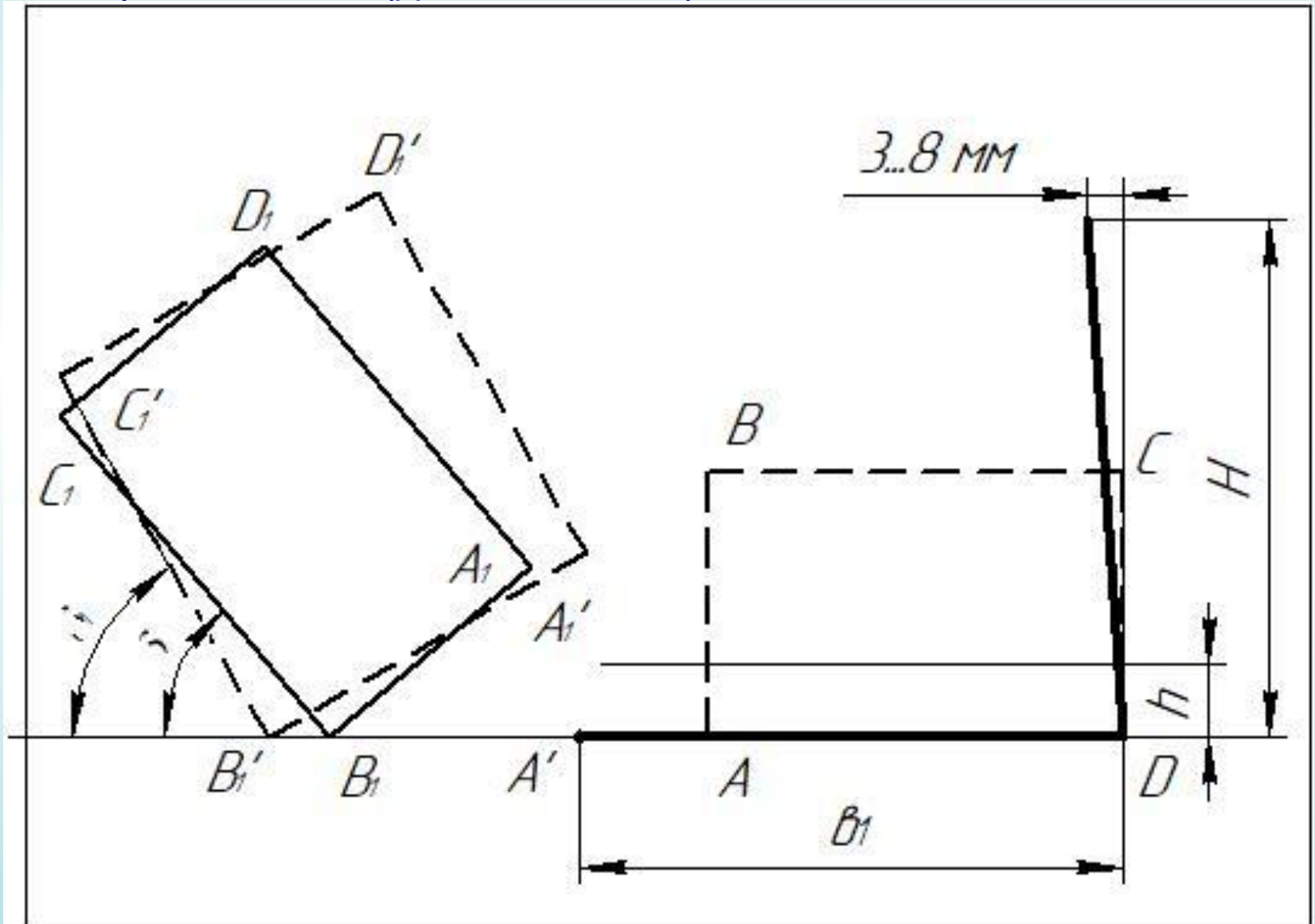
Знак «+» ставится в том случае если отвал предназначен для постоянной глубины и легких почв, а «-» - для плотных почв и обработки на большую глубину.



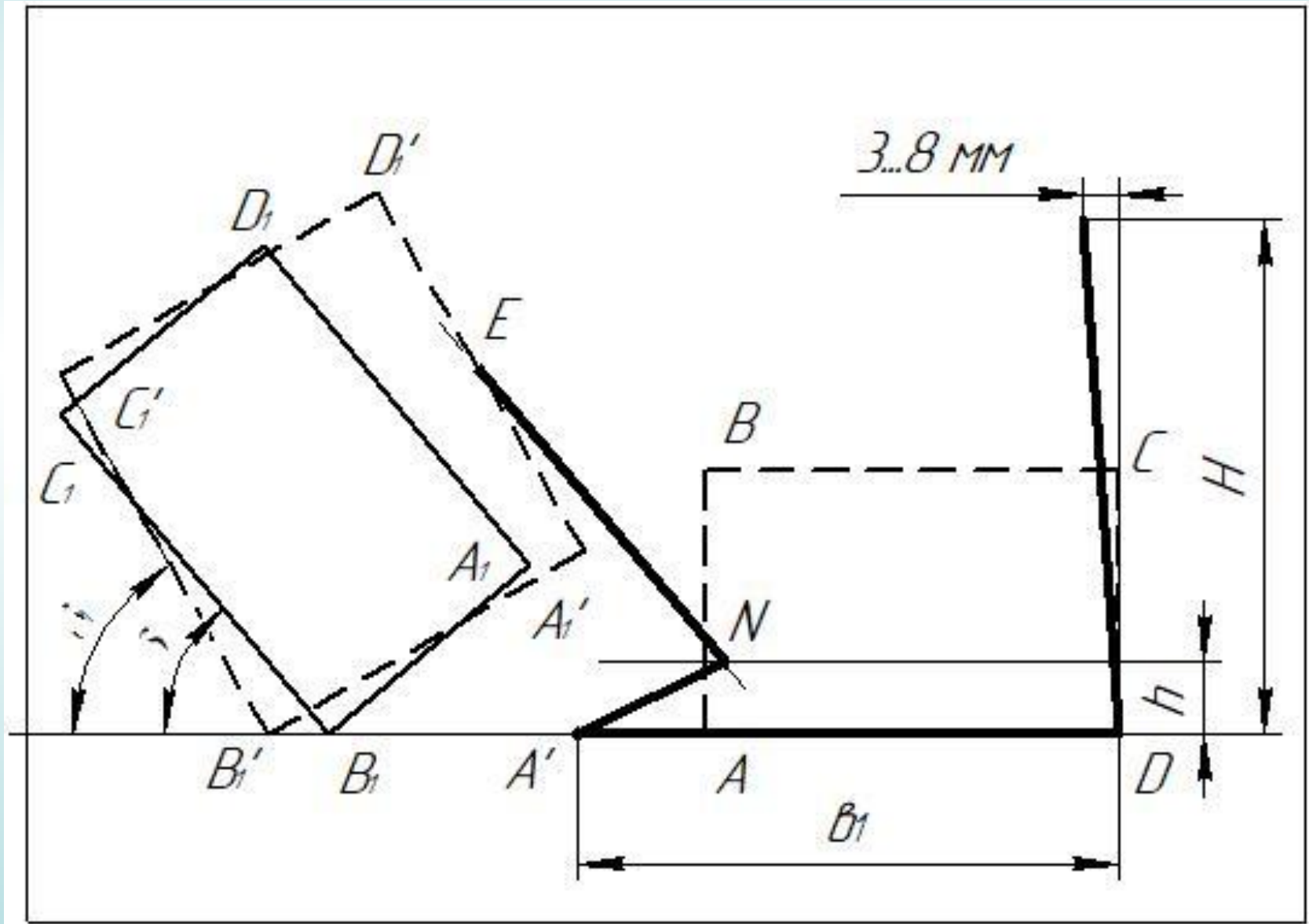
6. Проводят линию стыка лемеха с отвалом. Она располагается на высоте

$$h = S \cdot \sin \gamma;$$

где S – ширина лемеха (до 100-250 мм).



7. Строят бороздной обреза. Для этого из середины линии деформированного пласта (точка E) проводят линию, параллельную верхней линии недеформированного пласта, до пересечения с линией стыка отвала и лемеха (точка N). Соединив точки N и A , получаем задний обреза лемеха.



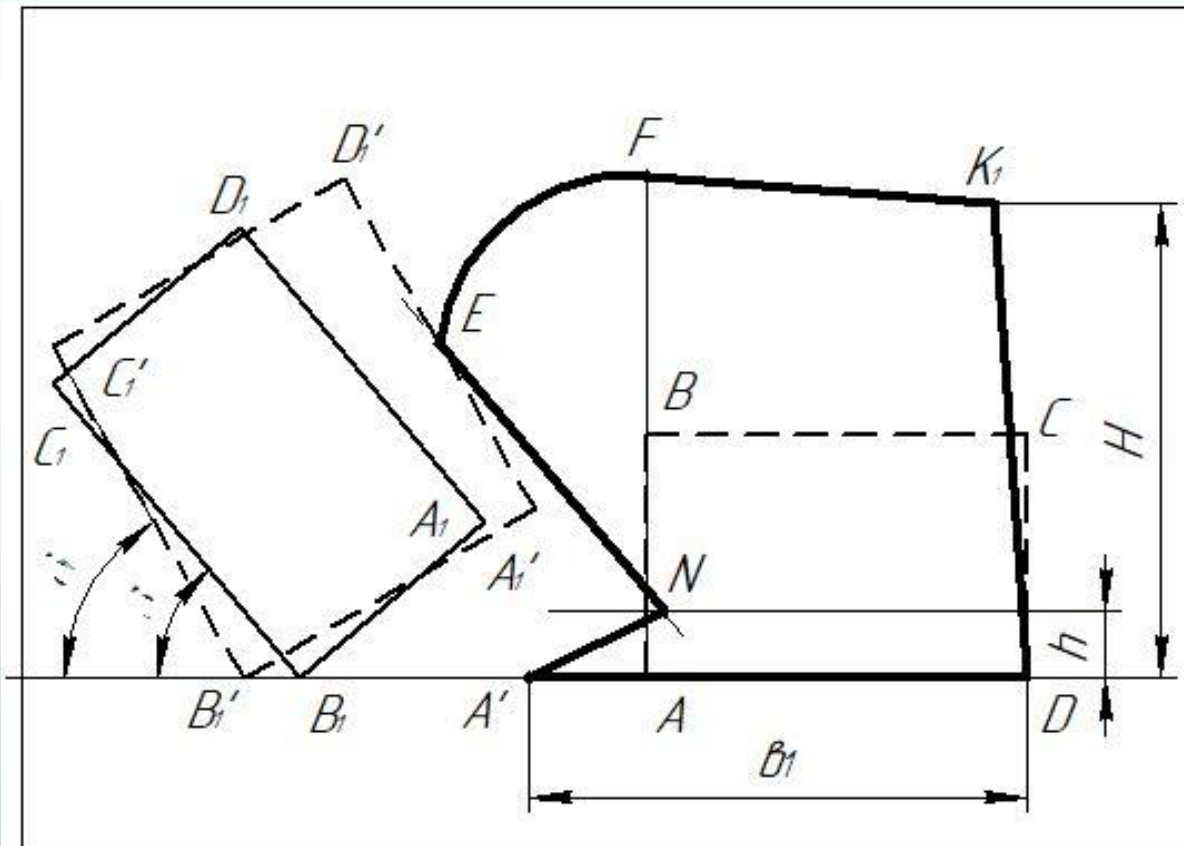
8. Для построения верхнего обреза его максимальную высоту над опорной плоскостью корпуса определяют по формуле

$$H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2} \pm \Delta H_{\max}$$

$$\Delta H_{\max} = 10 \dots 20 \text{ мм.}$$

Знак «+» для глубины >20 см и «-» для $a < 20$ см.

Величину H_{\max} откладывают в виде тонкой линии из боковой грани почвенного пласта AB вверх, получая точку F . Имеем три точки E , F , K_1 . Соединяем их между собой прямой линией (FK_1) или плавной кривой (EF) и получаем верхний обрез.

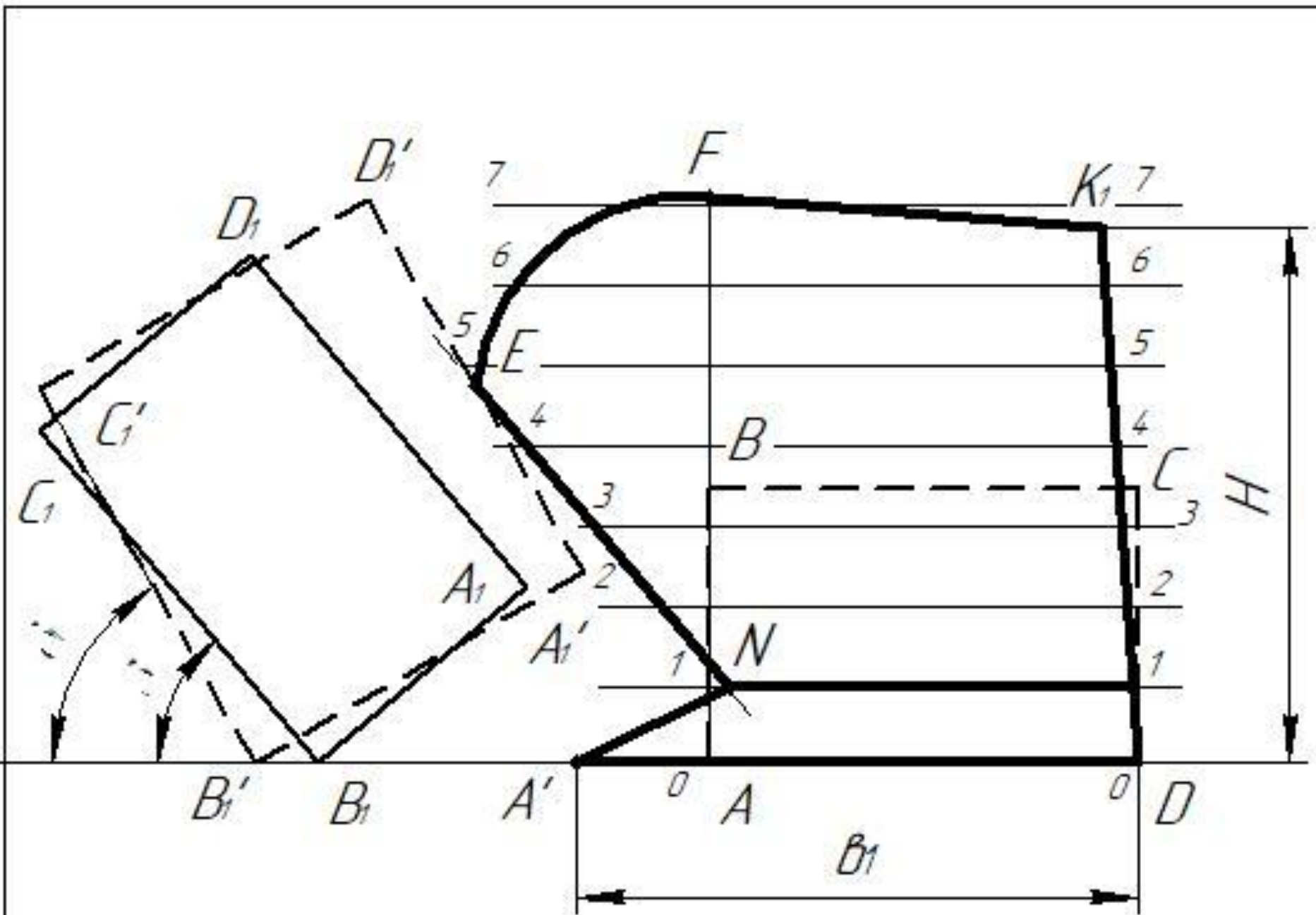


Проводим на лобовой проекции горизонтальные образующие 0-0, 1-1, 2-2 и т.д. Расстояние или шаг между образующими составляет 25 или 50 мм (обычно 50 мм). Принимаем, что образующая с θ_{\min} расположена в месте стыка лемеха и отвала. Для этой линии высоту над опорной поверхностью принято считать $x_1=0$, и выше ее будут $x_2=5,0$ см; $x_3=10,0$ см и т.д. до $x=H_{\max}$.

Число образующих можно определить по формуле

$$n = \frac{H_{\max}}{i} ;$$

где i – интервал между образующими по оси Z .



Для каждой образующей находим значение угла θ , под которым она наклонена к стенке борозды.

В случае проектирования отвальной поверхности культурного типа значение угла θ изменяется по формуле

$$y = \frac{6,2x^2}{100 + x^2};$$

где x – высота данной образующей над опорной плоскостью в см.

y – угол между образующей и вертикальной стенкой, выраженный условно в см.

Угловое значение линейной величины y , т.е. масштаб ординат перевода мм в градусы находятся как отношение

$$m = \frac{\theta_{\max} - \theta_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}};$$

$\theta_0; \theta_{\min}; \theta_{\max}$ – заданы и выбраны.

Для образующей с θ_{\min} $x_1 = 0$ и следовательно $y_{\min} = 0$. Для образующей с θ_{\max} соответственно $x_{\max} = H_{\max} - h_1$, где h_1 – высота образующей с θ_{\min} . Отсюда находим y_{\max} .

Теперь легко найти масштаб $m = \frac{\theta_{\max} - \theta_{\min}}{y_{\max}}$, принимаем $1^\circ = 1 \text{ мм}$.

Составим таблицу

x	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0
y	$y_{\min} = 0$	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8
θ	θ_{\min}	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8

$\theta_2 = \theta_{\min} + my_2$; $\theta_3 = \theta_{\min} + my_3$ и т.д.

Для полувинтовых отвалов угол θ изменяется по закону $y = x^2/2p$. Аналогично как и в первом случае $x_{\max} = H_{\max} - h$; x_{\max} соответствует y_{\max} ; масштаб

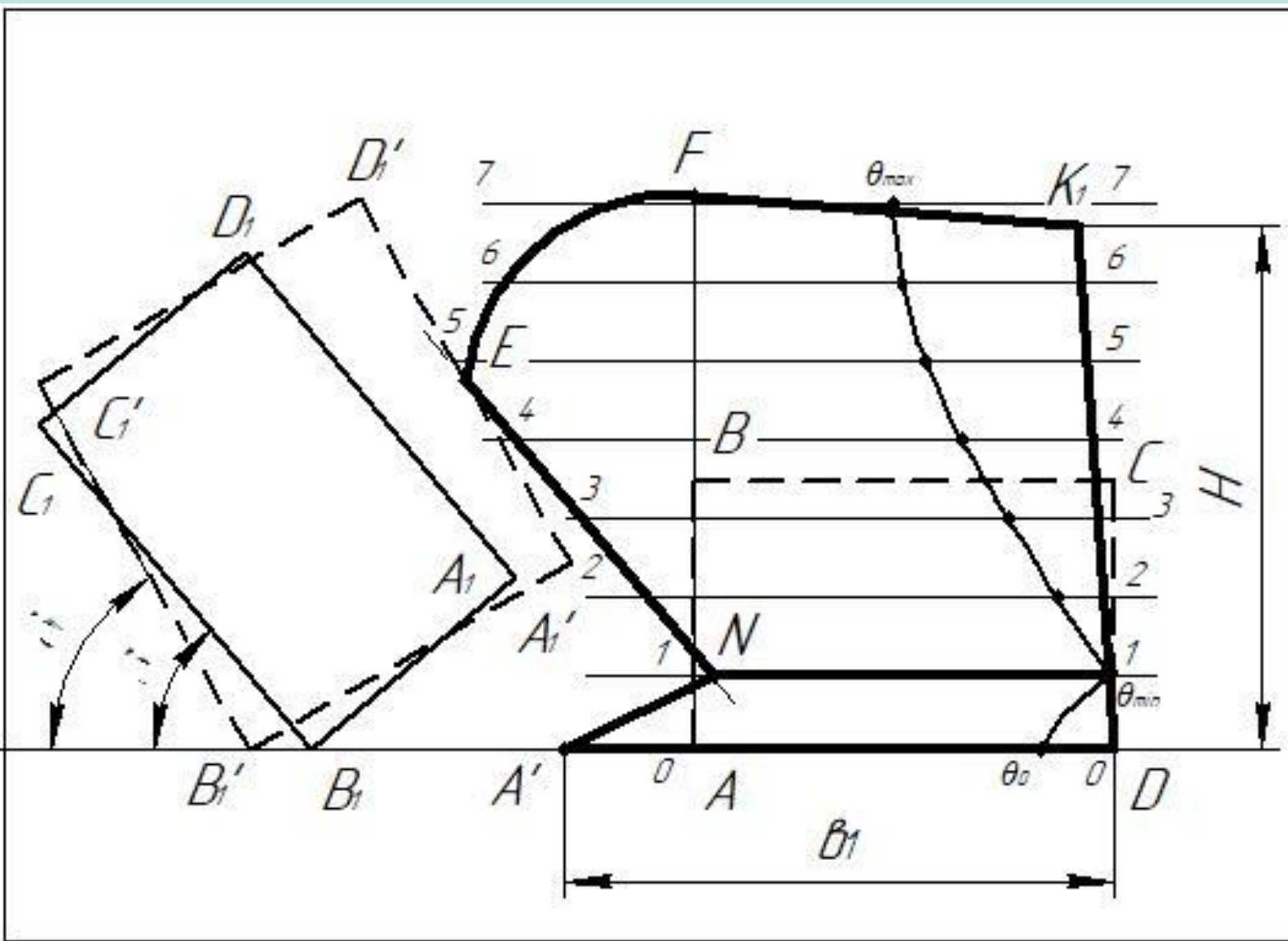
$m = \frac{\theta_{\max} - \theta_{\min}}{y_{\max}}$, $2p = \frac{x_{\max}^2}{\theta_{\max} - \theta_{\min}}$. Находим $2p$, используя формулу $y = \frac{x^2}{2p}$

и масштаб находим значения y и θ . Масштаб $= 1^\circ$ на 1 мм.

x	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0
y	$y_{\min} = 0$	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
θ	θ_{\min}	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7

$\theta_2 = \theta_{\min} + my_2$; $\theta_3 = \theta_{\min} + my_3$ и т.д.

Полученные значения θ наносятся на лобовую проекцию - получаем графическое изображение угла θ .



4. Построение направляющей кривой

Ее строят с левой стороны от лобовой проекции корпуса. В качестве направляющей кривой для *полуцилиндрической* и *полувинтовой* поверхности используется парабола. Формы и размеры параболы определяются радиусом R исходной окружности, высотой h и вылетом L .

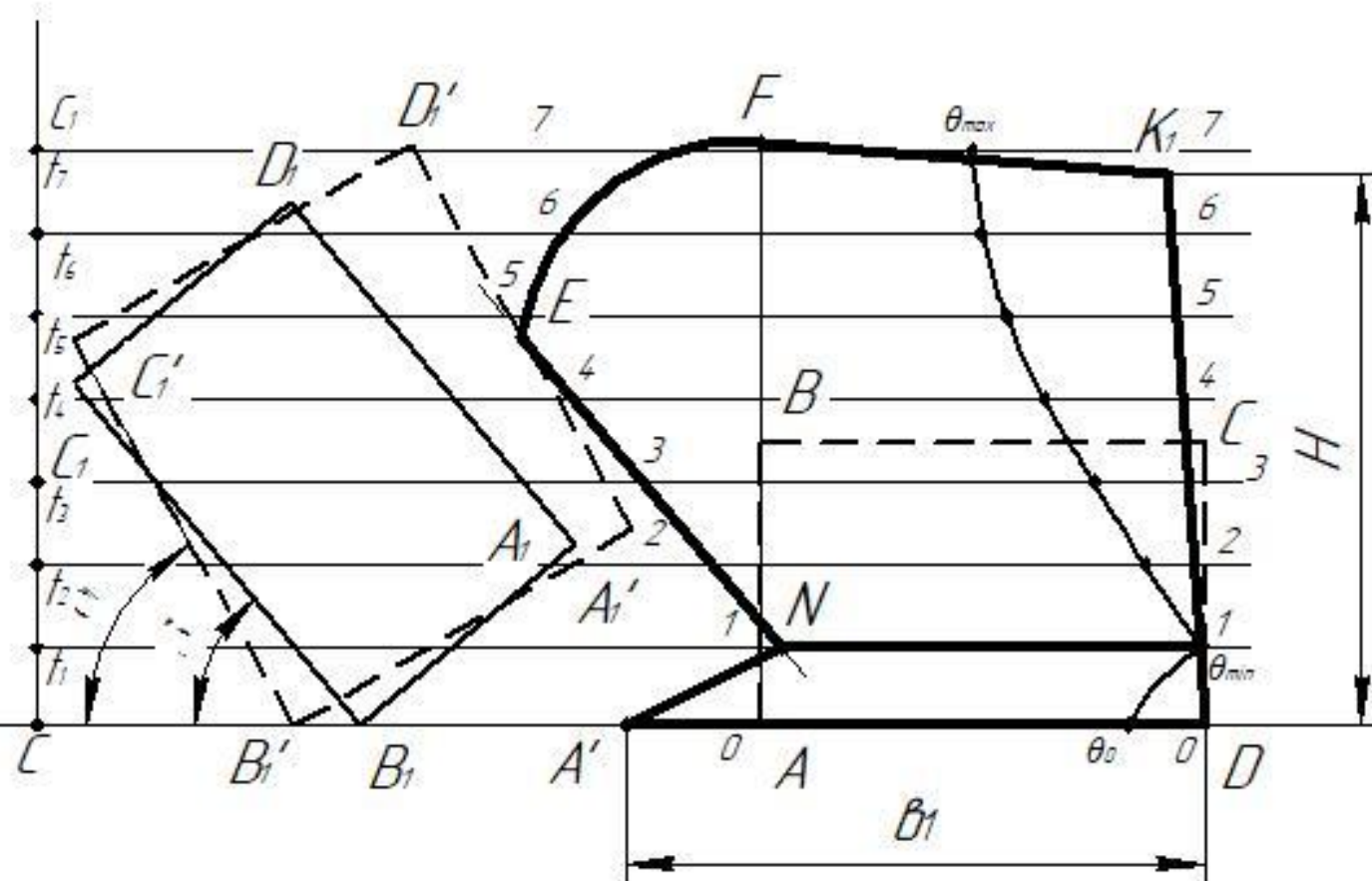
Каждый из этих параметров определяется по формулам:

$$R = \frac{b}{\left(\frac{\pi}{2} - \gamma_0\right) \cos \theta_0};$$

$$h = R \cdot \cos \gamma_0;$$

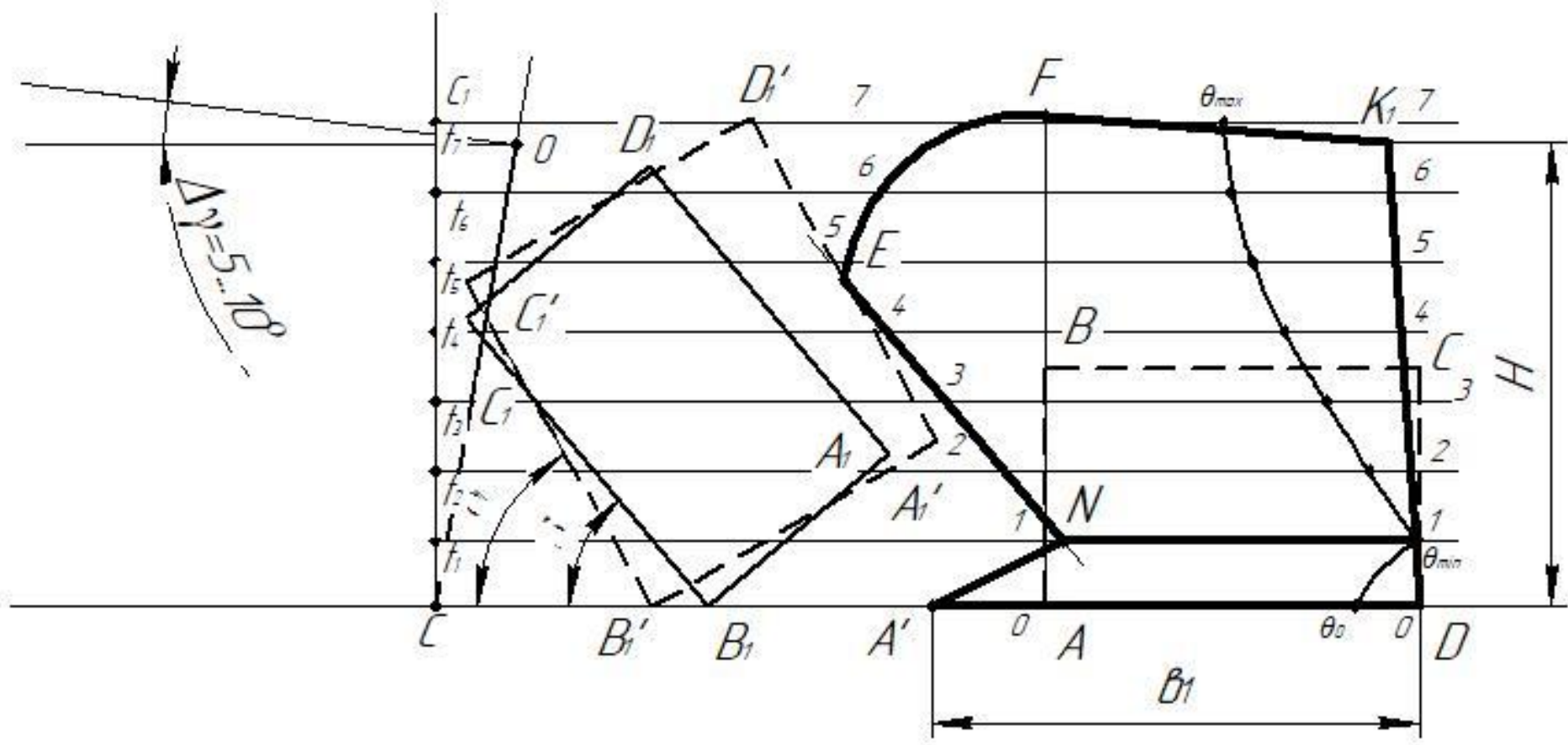
$$L = R \cdot (1 - \sin \gamma_0).$$

По этим формулам находят R , h , L . Затем проводят вертикаль. На ней откладывают точки, лежащие на продолжении образующих (t_1 , t_2 , и т.д.)

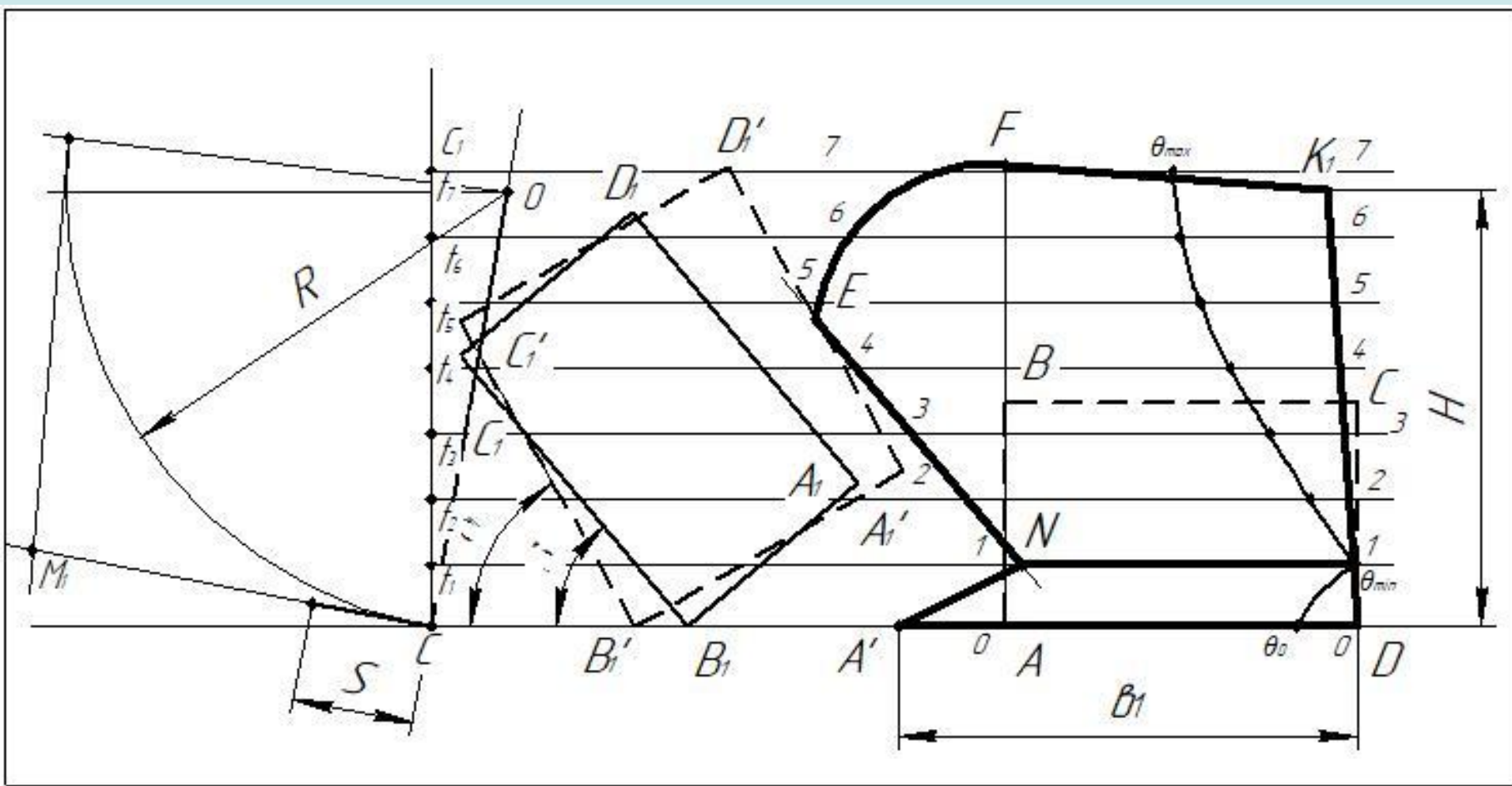


Под углом γ_0 к вертикали из точки C проводят линию. На ней откладывают величину R – радиуса направляющей кривой и намечают центр O .

Из центра O проводят две прямые линии: горизонтальную и наклонную к ней под углом $\Delta\gamma$. Угол $\Delta\gamma$ – угол поворота крыла отвала с целью лучшего оборота пласта, $\Delta\gamma=5-10^\circ$.

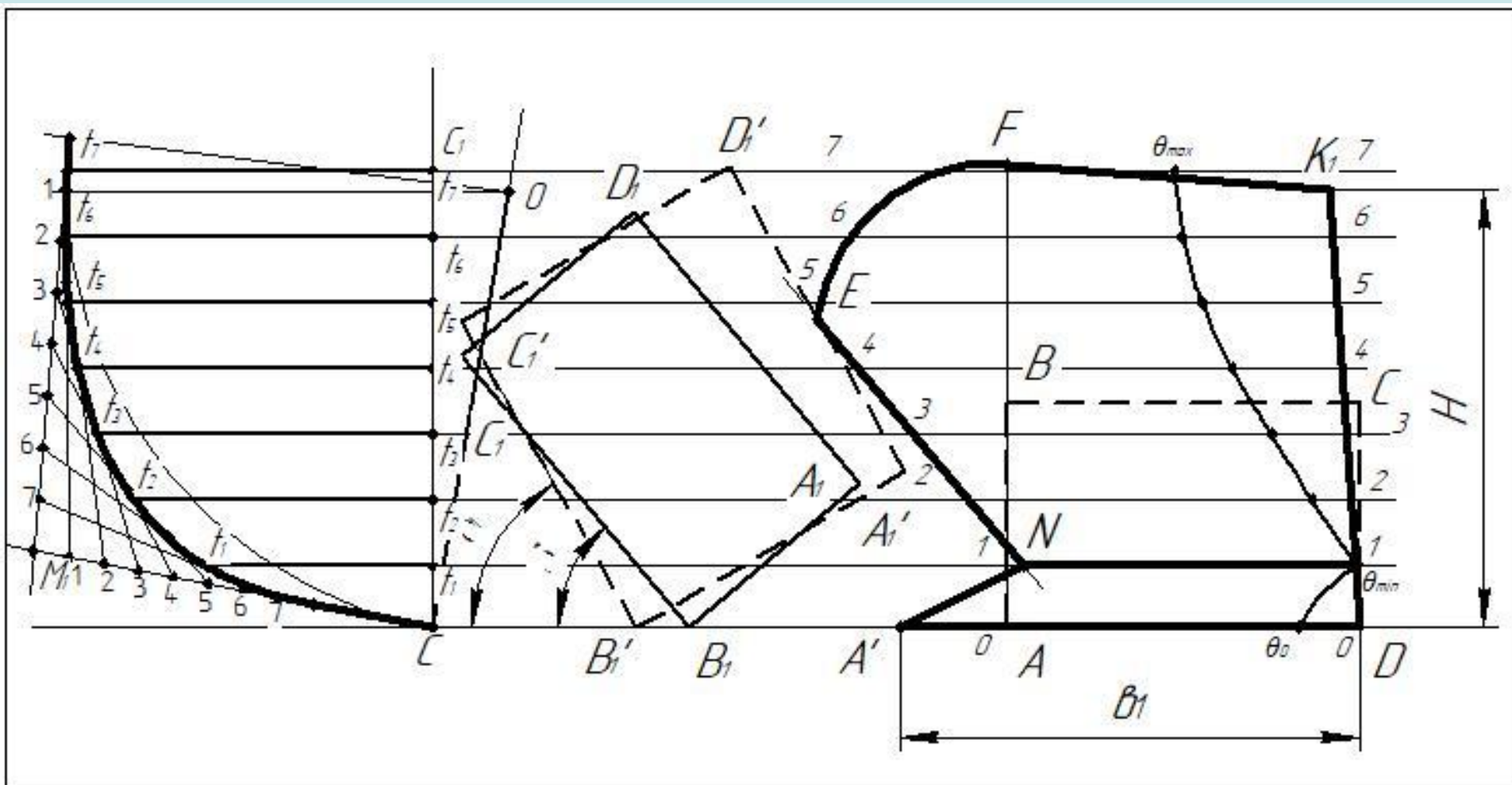


Проводят дугу окружности радиусом R от точки C до пересечения с верхней наклонной прямой линией. Затем проводят касательные к крайним точкам дуги окружности. Откладывают от точки C на нижней касательной отрезок $S = 40-70$ мм. От длины этого отрезка зависит характер крошения пласта. Чем меньше отвал должен крошить пласт, тем данный отрезок должен иметь большую длину.



Оставшуюся часть отрезка нижней касательной и верхнюю касательную делим на 8-10 равных частей. Одноименные точки соединяем прямыми линиями. Полученные точки пересечения указанных прямых соединяем плавной изгибающей кривой линией – ***это и есть направляющая кривая.***

Из точек t_1, t_2, \dots, t_n проводим горизонтальные линии до пересечения с параболой.



5. Построение горизонтальной проекции

Из точки D проводят вертикаль, на которой на расстоянии $3b$ от линии AD откладывают точку $D1$ – точку носка лемеха. Под углом θ_0 к стенке борозды проводят прямую, на которой располагается линия лезвия лемеха. Спроецировав точку A' на полученную прямую и получив точку $A2$, получают истинное изображение лезвия лемеха в горизонтальной плоскости – $D1A2$. На лезвии намечают точку M_1 , расположенную на расстоянии $2/3$ длины лезвия лемеха от его носка и восстанавливают перпендикуляр M_1M_1 , на котором от общей точки $M1$ откладывают длину отрезков $t_1-t_1, t_2-t_2 \dots t_7-t_7$, заключенных между вертикалью $CC1$ и направляющей параболой.

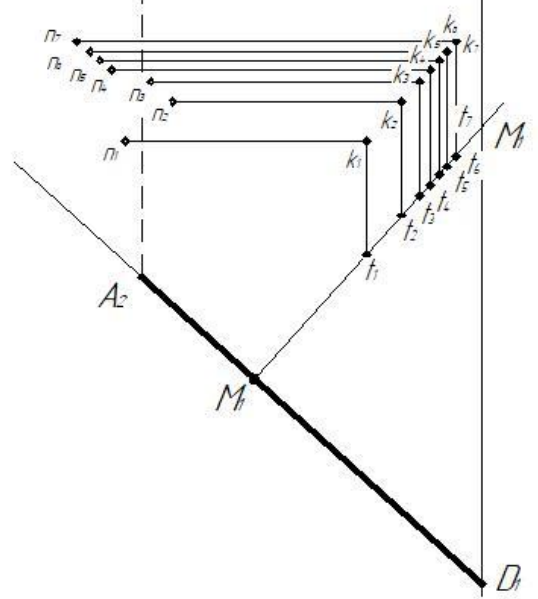
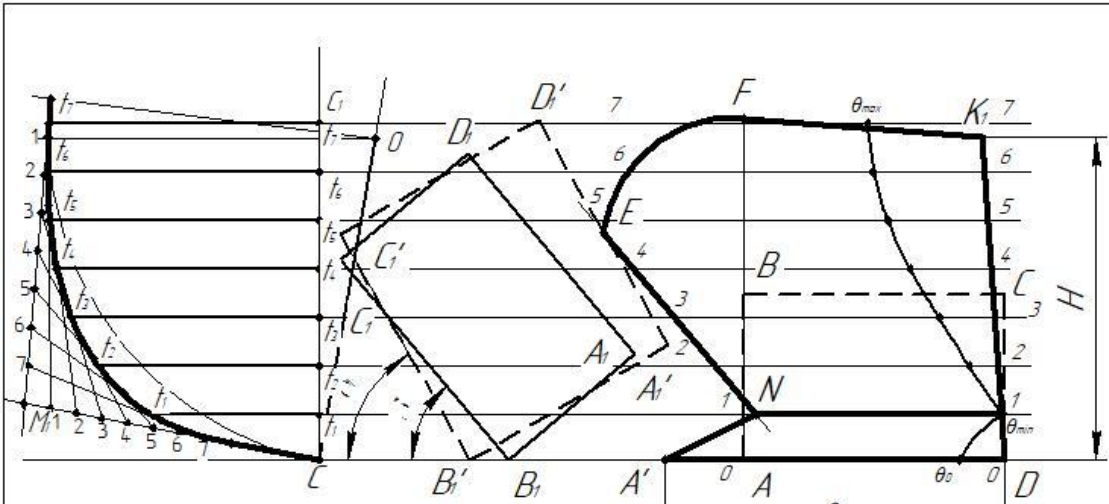
Таким образом на горизонтальном следе M_1M_1 получают ряд точек $t_1, t_2 \dots t_n$, из которых проводят вертикальные отрезки прямых линий $t_1k_1, t_2k_2 \dots t_nk_n$ длиной 100 или 200 мм каждый. Из концов этих отрезков, т.е. из точек $k_1, k_2 \dots k_n$ восстанавливают перпендикуляры k_1n_1, k_2n_2 и т.д., длину которых определяют на основании соотношений:

$$k_1n_1 = t_1k_1 \operatorname{tg} \theta_{\min};$$

$$k_2n_2 = t_2k_2 \operatorname{tg} \theta_{\min+1};$$

$$\dots \dots \dots$$
$$k_n n_n = t_n k_n \operatorname{tg} \theta_{\max}$$

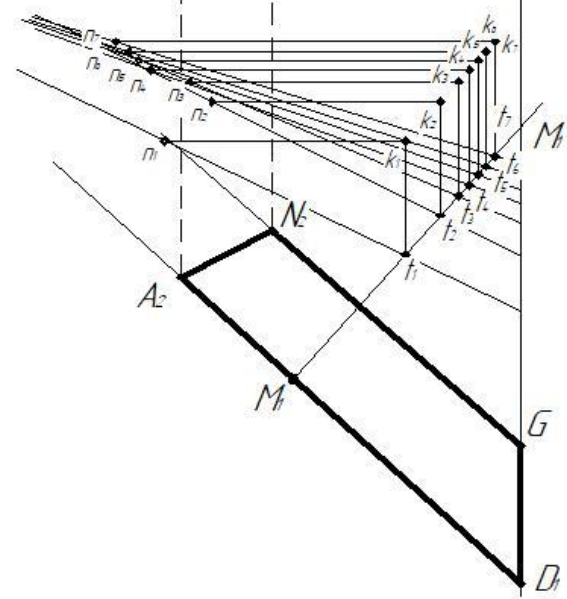
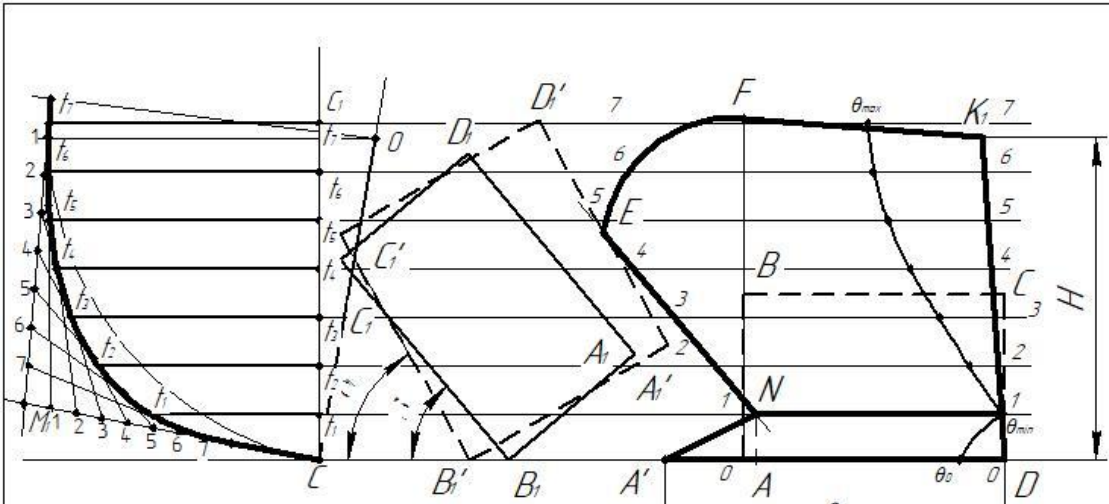
Определяют положение точек $n_1, n_2 \dots n_n$.



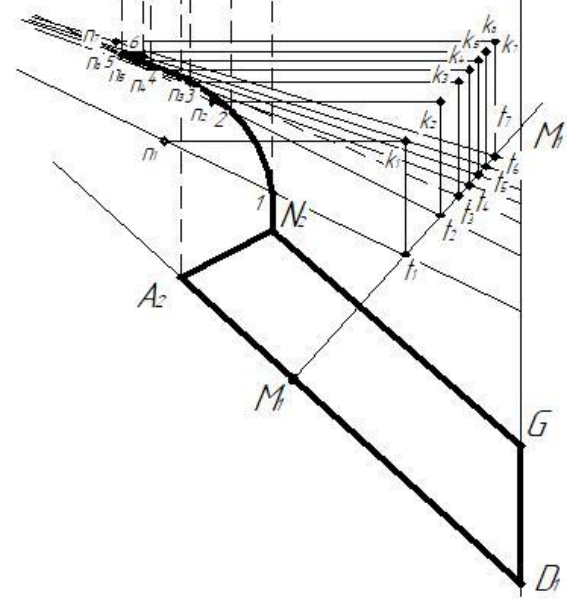
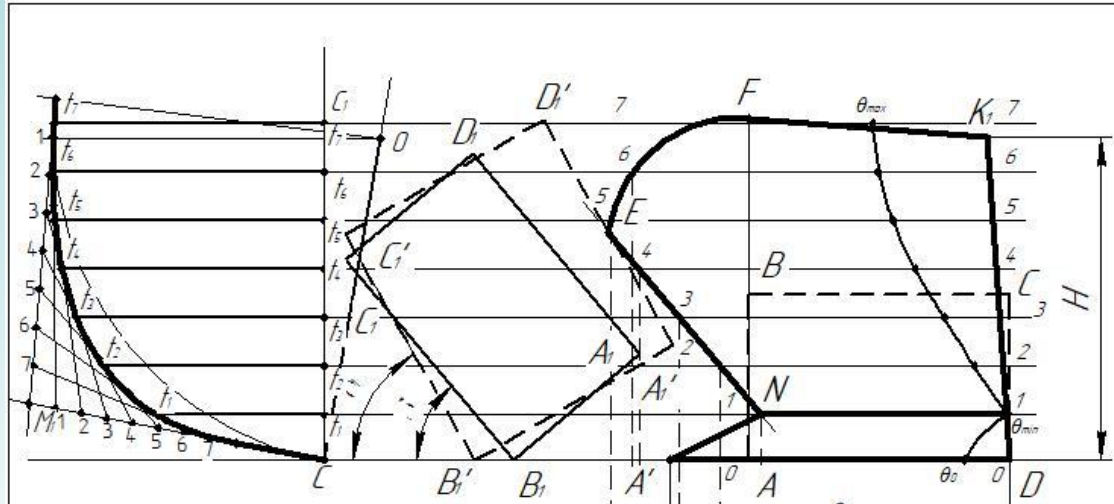
Соединяют точки n_1 и t_1 , n_2 и t_2 , ... n_n и t_n прямыми линиями, продолжая их вправо до стенки борозды и влево, что необходимо для очертания контура бороздного обреза. В результате получают положения образующих в горизонтальной проекции отвала.

Нижний обрез лезвия лемеха определяется положением нулевой образующей, по которой направлено лезвие D_1A_2 . Длина лезвия $D_1A_2 = L = e_1 \sin \theta_0$.

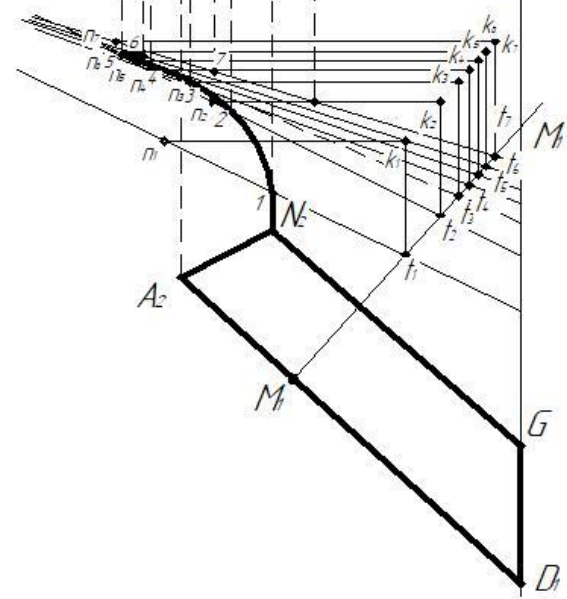
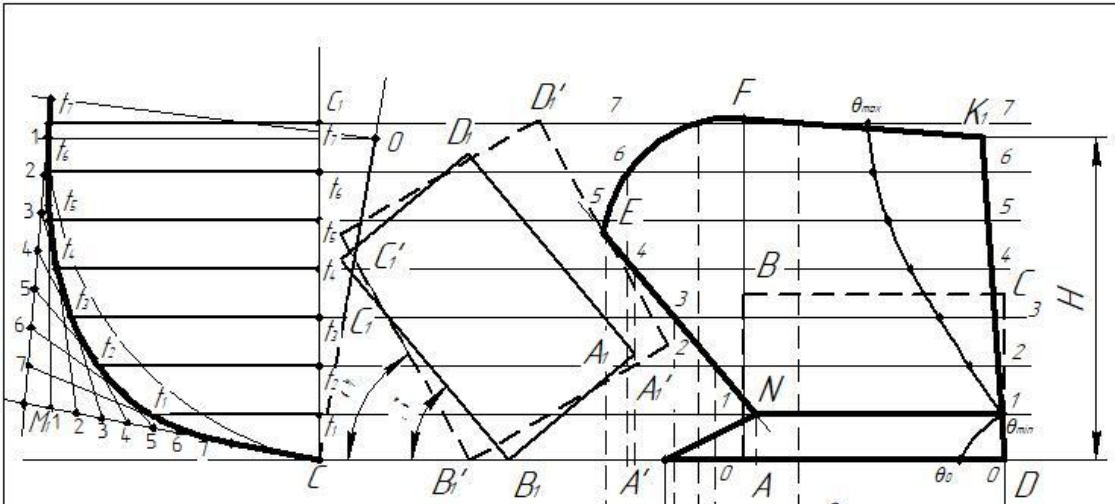
Бороздной обрез лемеха получают следующим образом. От точки D_1 , вверх откладываем отрезок $D_1G = S \cdot \sin \gamma_0$. Из точки G проводим линию под углом θ_{\min} к стенке борозды. Проецируем точку N из вертикальной проекции до пересечения с линией, выходящей из точки G в горизонтальной проекции – получаем точку N_1 и соединяем ее с точкой A_2 .



Бороздной обрез отвала строят при помощи вертикальных и горизонтальных образующих, т.е. проецируют точки $2'$, $3'$, ... и т.д. пересечения образующих с контурной линией бороздного обреза в вертикальной на соответствующие горизонтальные проекции образующих $2'-2'$, $3'-3'$ и т.д. Соединив точки пересечения $2'$, $3'$, ... n' плавной кривой, получают проекцию бороздного обреза отвала в горизонтальной проекции.



Проекцию верхнего обреза в горизонтальной плоскости строят таким же способом что и бороздной обреза, т.е. сносят точки пересечения верхней образующей с верхним обрезом на вертикальной проекции на ту же образующую в горизонтальной проекции. Соединив горизонтальные проекции точек прямой или плавной кривой, получают очертание верхнего обреза.

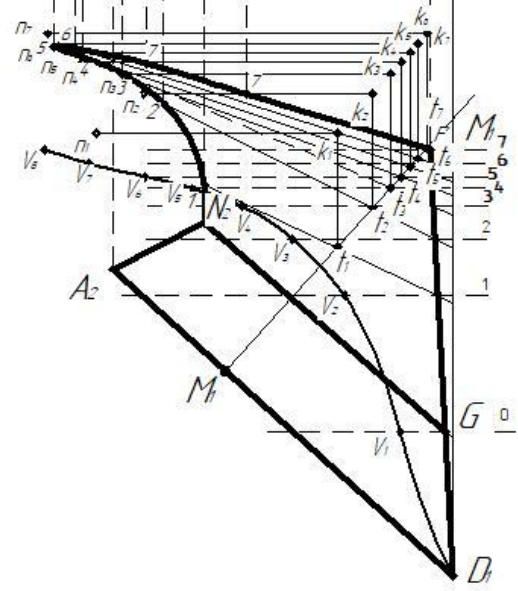
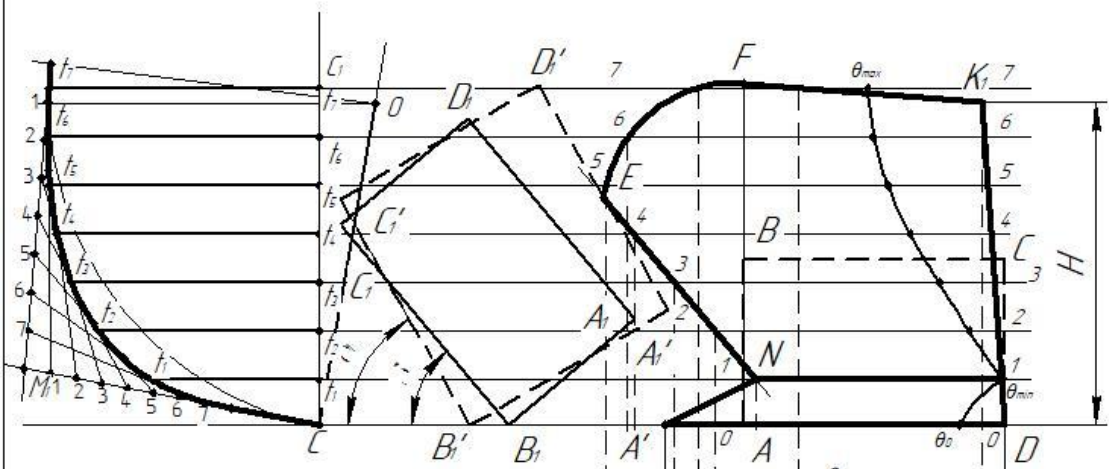


Проекция полевого обреза в горизонтальной плоскости строится точно так же, как и в вертикальной – это прямая D_1F' с отклонением в точке F' от стенки борозды на 3-8 мм.

Фактически полевой обрез не прямая линия, а имеет форму кривой. Истинное изображение кривой полевого обреза можно получить, построив его по точкам $V_1, V_2 \dots V_n$.

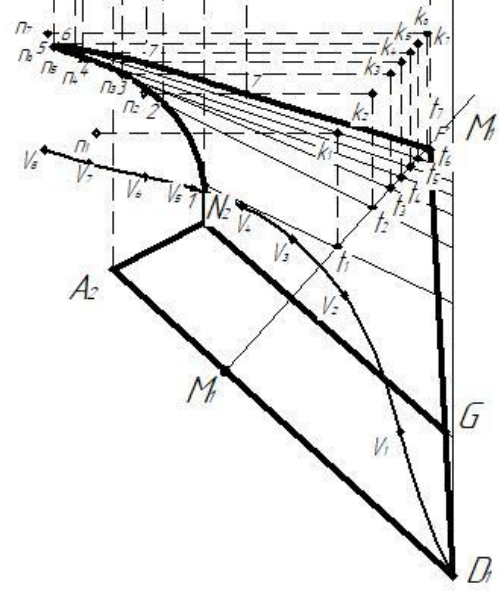
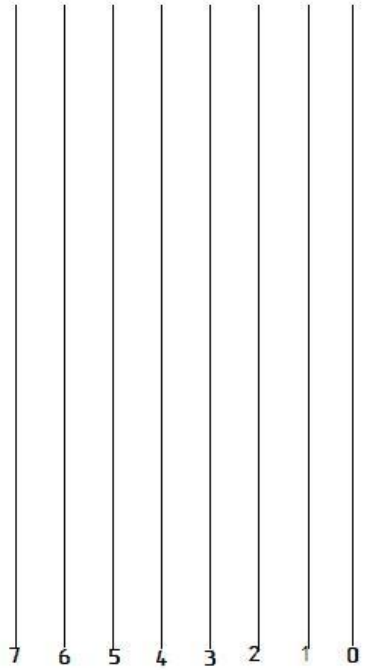
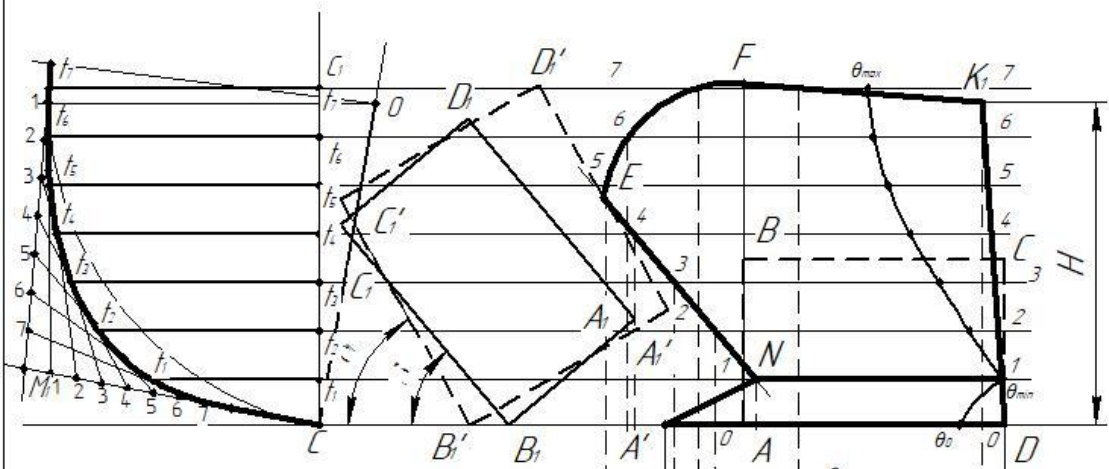
Для этого в точке пересечения горизонтальных образующих $1'-1', 2'-2' \dots n'-n'$ с полевым обрезом D_1F' восстанавливают перпендикуляры в точках, расположенных на тех же высотах, что и высота образующих в вертикальной плоскости, т.е. точка V_1 на высоте 1-1, точка V_2 на высоте 2-2 и т.д.

Затем на этих перпендикулярах откладывают отрезки $1V_1=x_1; 2V_2=x_2 \dots$, где x – выбранный интервал между вертикальными проекциями образующих (2,5 или 5 см). Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и является кривой полевого обреза.

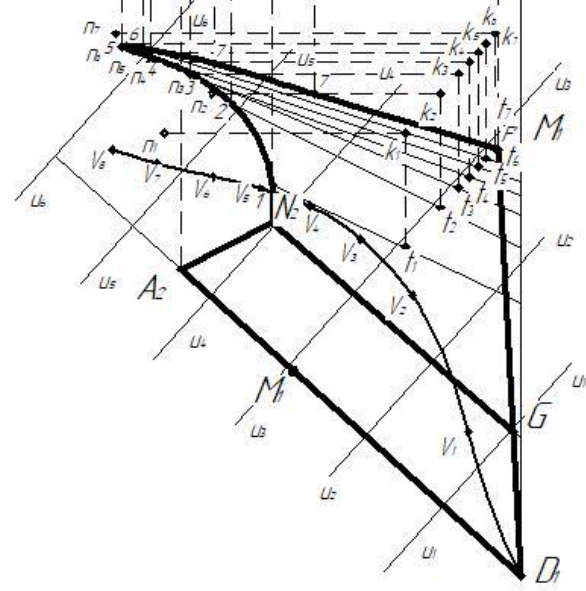
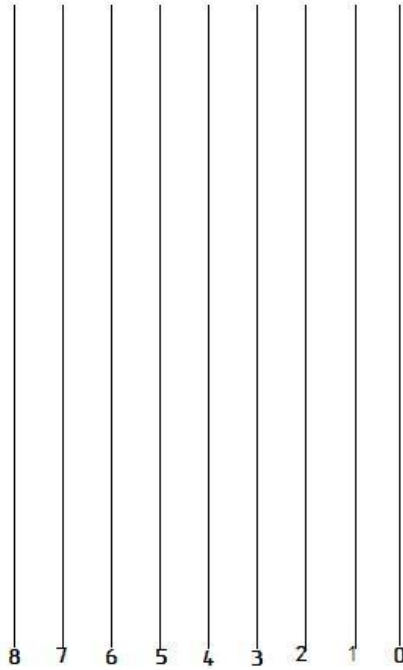
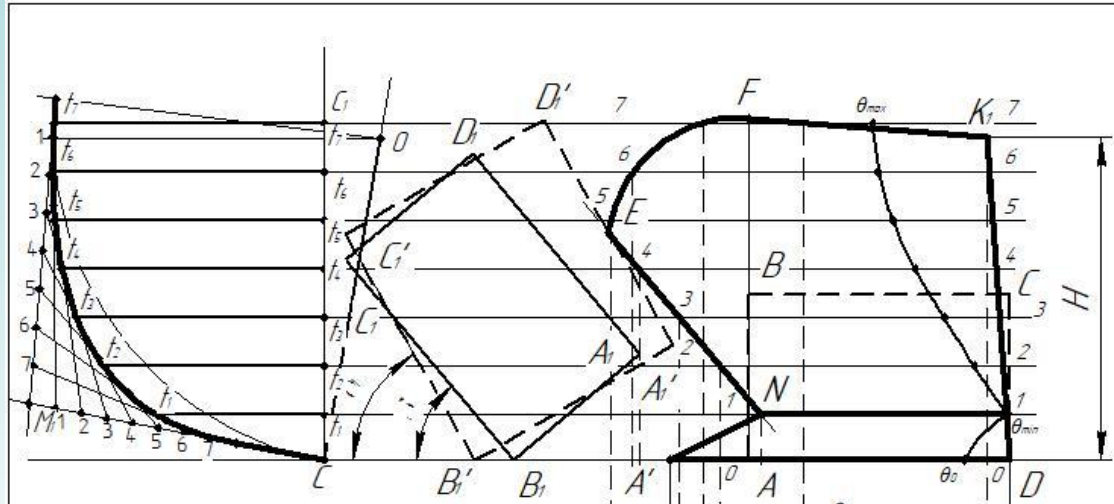


6. Построение разреза отвала

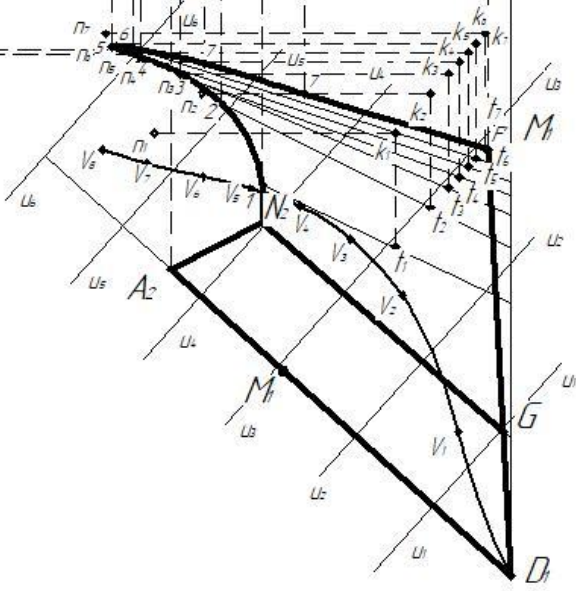
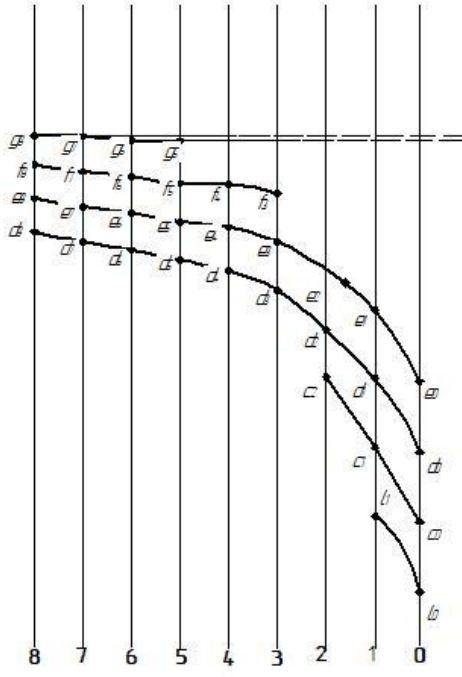
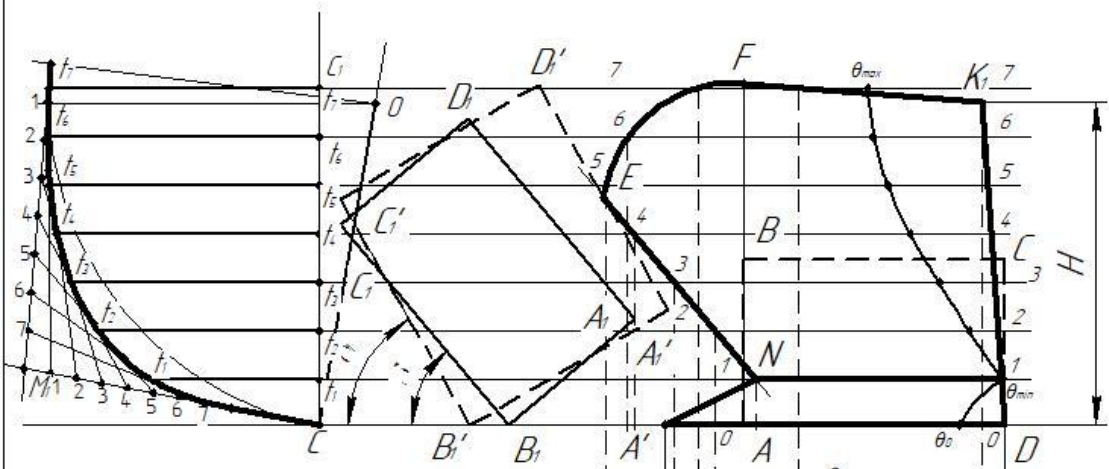
1. Слева от горизонтальной проекции наносят вертикальные прямые, параллельные линии борозды, на расстояниях между образующими на лобовой проекции.



2. На горизонтальной проекции наносят на расстоянии 50-100 мм друг от друга следы сечения отвала вертикальными плоскостями, перпендикулярно линии лезвия лемеха (u_1-u_1 и т.д.)



3. Проецируют точки пересечения следов u_1-u_1 , u_2-u_2 ... с линиями образующих проекции на вертикальные прямые линии.

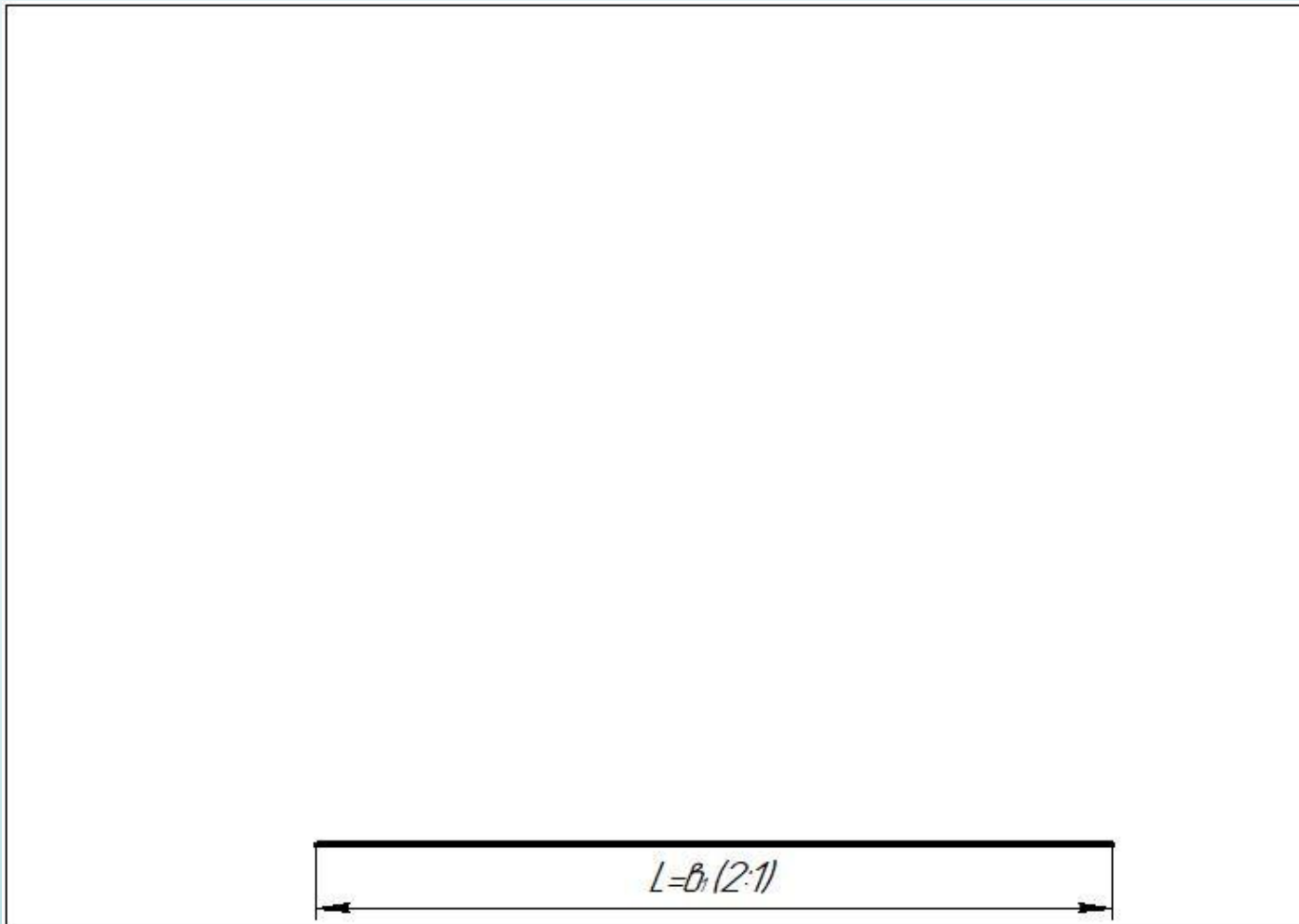


7. Построение шаблонов

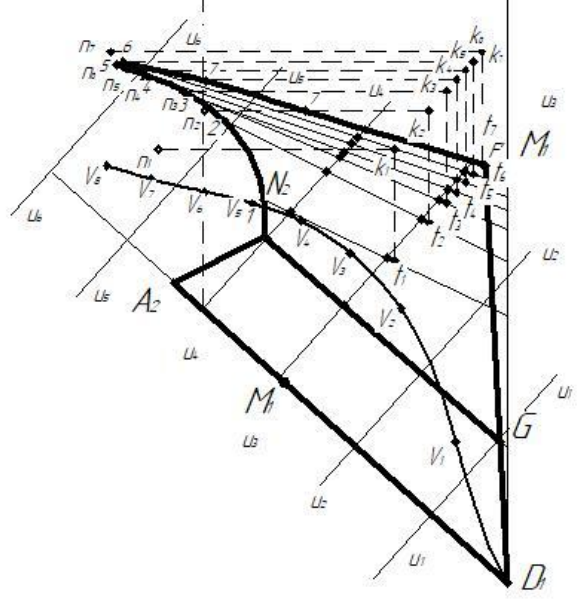
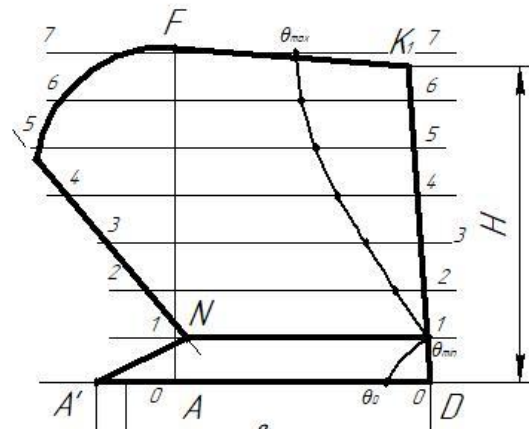
Для изготовления отвала необходимо иметь соответствующую заготовку.

Для этого требуется построить развертку поверхности. Порядок построения следующий:

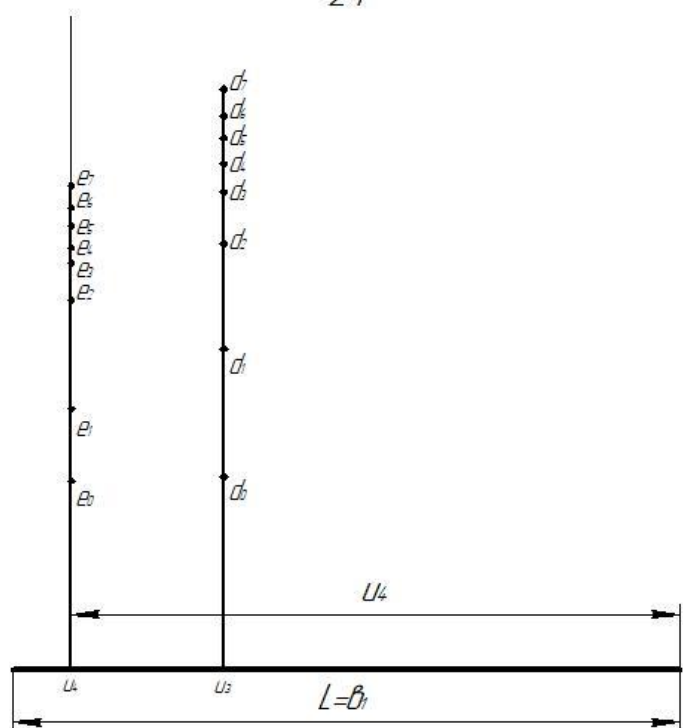
1. Откладывают в определенном масштабе горизонтальный отрезок, длина которого равна длине лезвия лемеха.



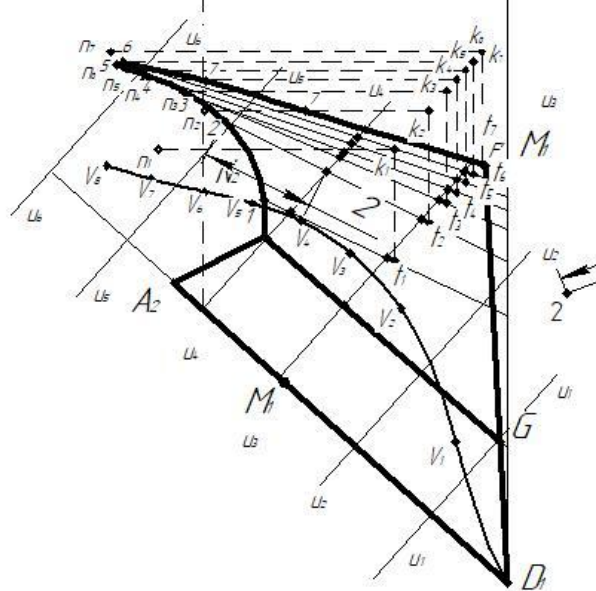
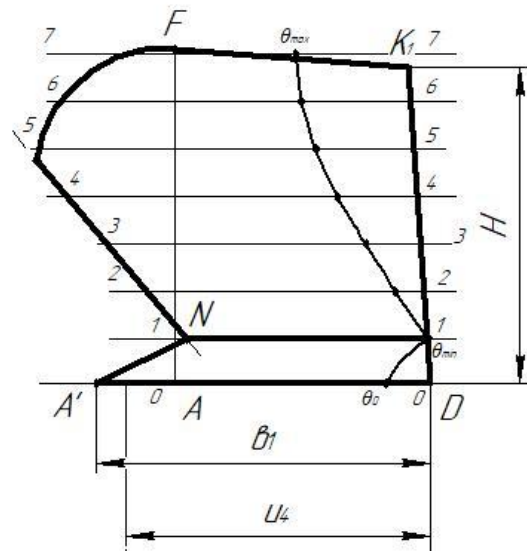
2. Выбирают на горизонтальной проекции два таких сечения вертикальными плоскостями, перпендикулярными лезвию лемеха, которые пересекают максимальное число образующих (u_3 и u_4). На этих двух вертикальных линиях откладывают отрезки, равные по длине отрезкам между соседними образующими на шаблонах принятых сечений.



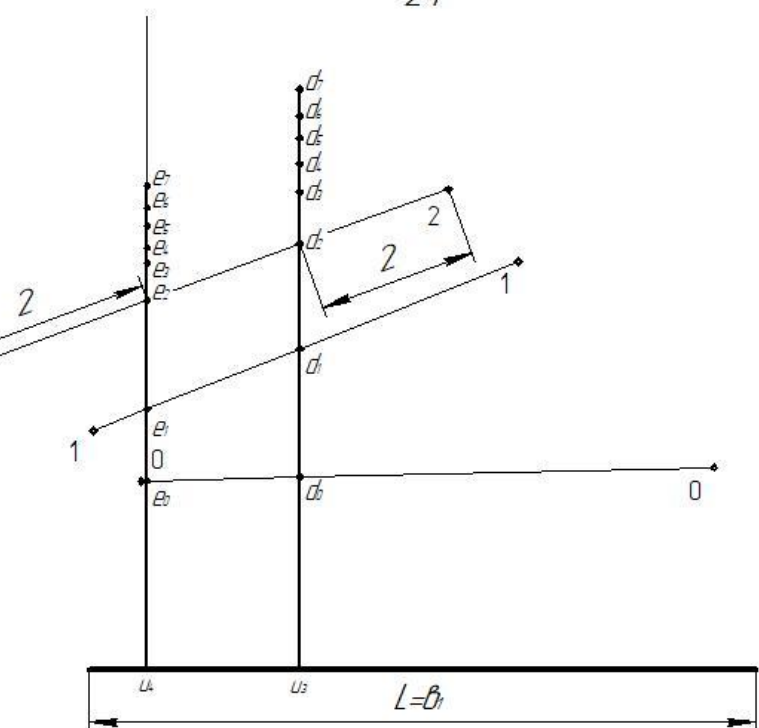
21



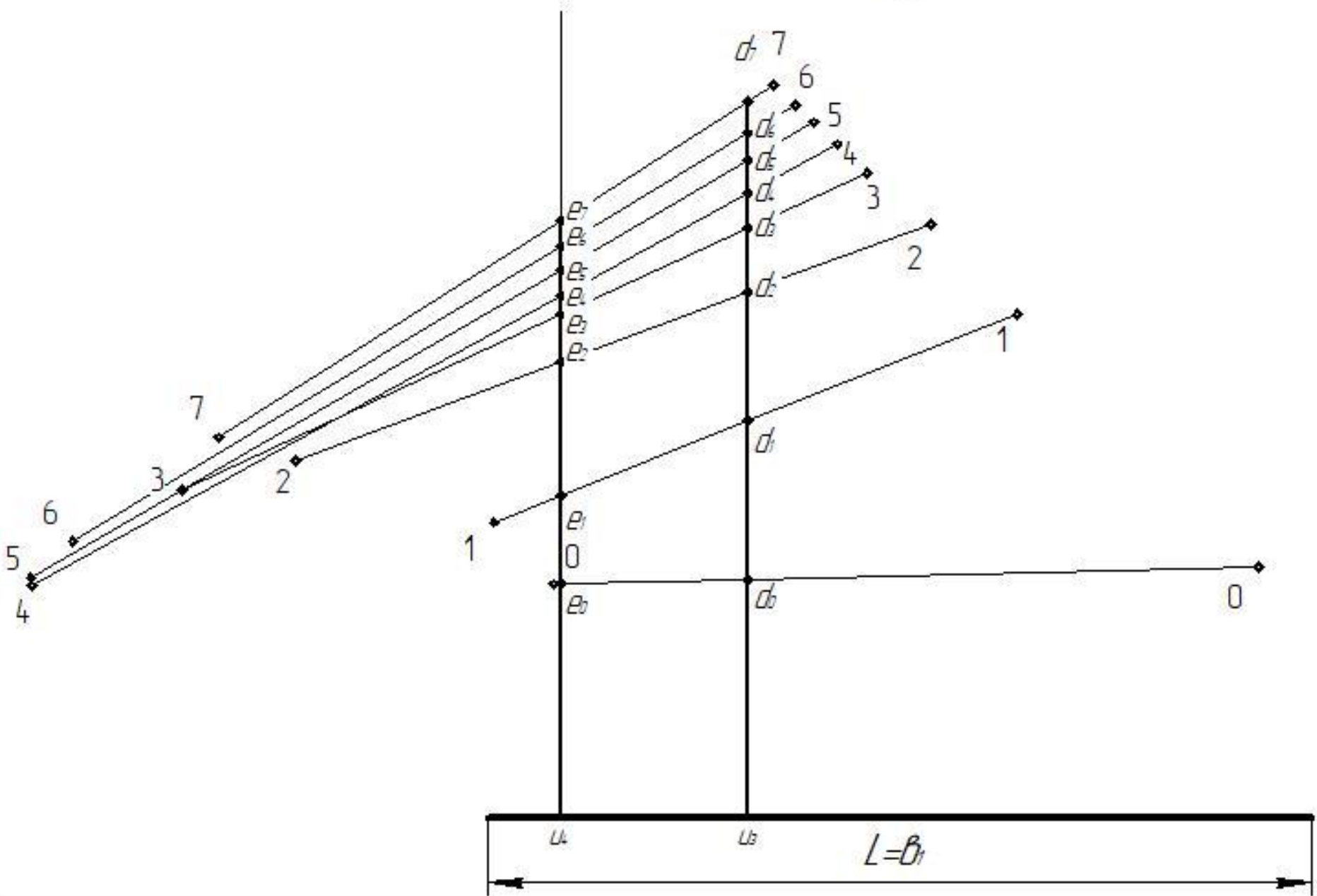
3. По направлению соединения полученных одноименных точек от них откладывают отрезки, длина которых должна быть равна длине образующих на горизонтальной проекции от выбранных сечений до концов образующих.



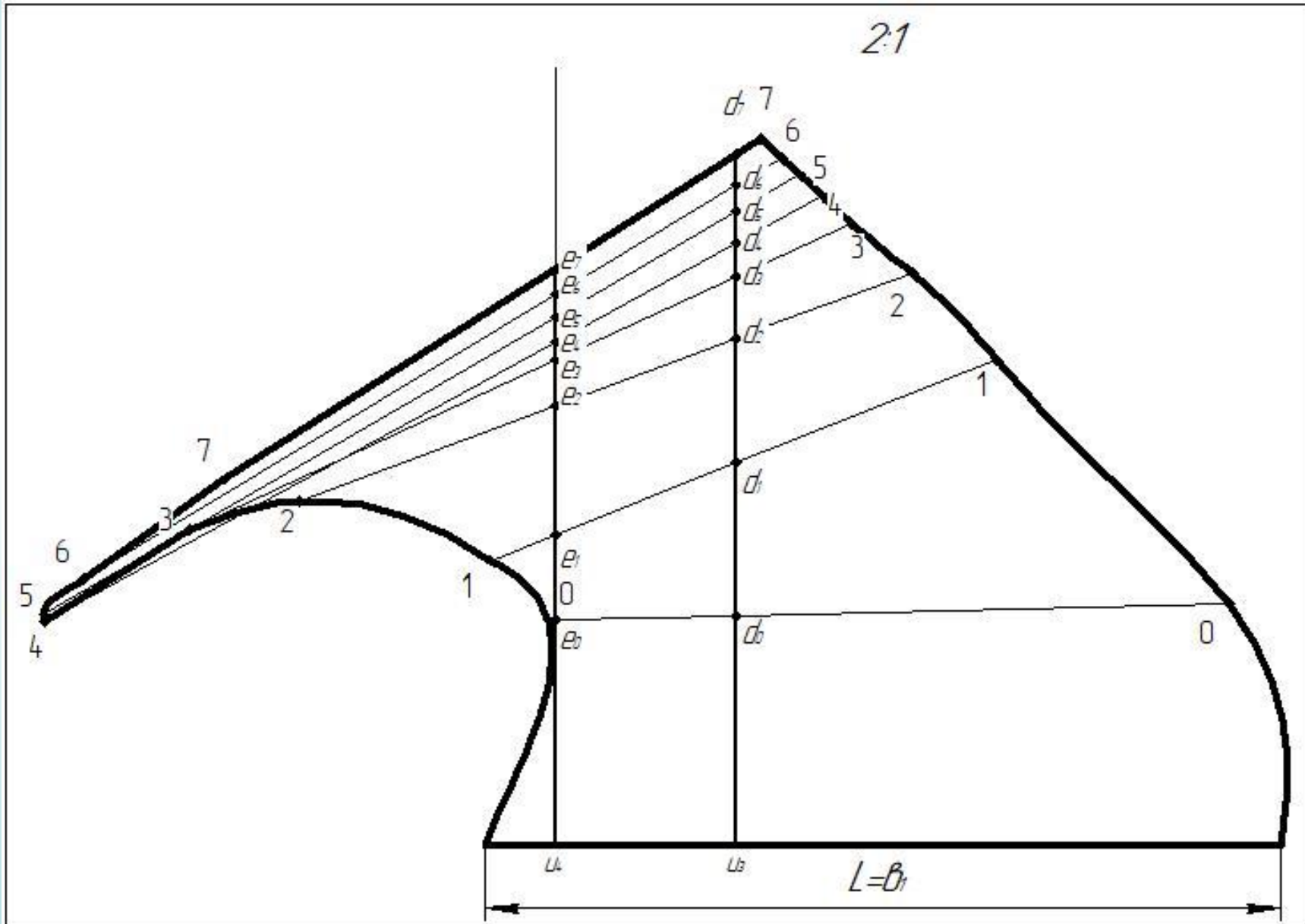
21



2:1



4. Крайние точки прямых соединяют плавными кривыми или прямыми линиями, образующими контуры развертки.



Для того чтобы получить вертикальные проекции сечения корпуса поперечно-вертикальными плоскостями и этим самым получить картину изменения угла β_1 на горизонтальной проекции лемешно-отвальной поверхности через равные интервалы проводят горизонтальные линии $I-I, II-II \dots V-V$. Пересечения их с образующими переносим на образующие в лобовой проекции. Соединив полученные точки, получают вертикальные проекции сечения корпуса.