

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР ЮТИ ТПУ

_____ В.Л. Бибик
« __ » _____ 2014 г.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА УБОРОЧНЫХ МАШИН

Методические указания для выполнения практической работы №2 по курсу «Машины и оборудование в растениеводстве» для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия»

Составитель **А.Н. Капустин**

Издательство
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета
2014

УДК 631.3
ББК 30.82
0-64

Основы теории и расчета уборочных машин: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Машины и оборудование в растениеводстве» для бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», очной и заочной форм обучения / сост.: А.Н. Капустин; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2014. – 105 с.

УДК 631.3
ББК 30.82

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
Агроинженерия ЮТИ ТПУ
« ____ » _____ 20 ____ г.

Зав. кафедрой АИ
кандидат техн. наук,
доцент

_____ *О.Ю. Ретюнский*

Председатель
учебно-методической комиссии

_____ *А.Н. Капустин*

Рецензент

Кандидат технических наук,
доцент кафедры АИ ЮТИ ТПУ
А.П. Сырбаков

© Составление. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2014
© Капустин А.Н., составление, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для использования при выполнении контрольной работы №3 по курсу «Машины и оборудование в растениеводстве» (раздел: «Основы теории и расчета уборочных машин»).

Методические указания включают описание порядка выполнения работ и применяемые расчетные формулы. Перед каждой работой даются краткие теоретические выкладки.

Основная цель методических указаний – помочь студентам закрепить знания, полученные при изучении теории и расчета рабочих уборочных машин, выработать навыки выбора оптимальных режимов их работы.

1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОТОВИЛА

Теоретическая часть

В процессе работы мотовило совместно с комбайном или энерго-средством перемещается по полю со скоростью V_M и вращается относительно своей оси с угловой скоростью ω

Траекторией абсолютного движения наружной точки A планки мотовила является циклоида (рис. 1) уравнения которой имеют вид:

$$\begin{aligned} X_A &= V_M t + R \cos \omega t \\ Y_A &= (H_{\text{ОПТ}} + H_Y) - R \sin \omega t \end{aligned} \quad (1)$$

где: $V_M t$ - путь пройденный машиной за время t , м;

R - радиус мотовила, м;

ωt - угол поворота планки от начального положения, град;

$H_{\text{ОПТ}}$ - высота установки вала мотовила над режущим аппаратом, м;

H_Y - высота установки режущего аппарата над почвой, м.

Окружная скорость наружной точки планки мотовила (рис.3):

$$U = \omega R \quad (2)$$

Влияние отношения $U/V_M = \lambda$, называемое показателем кинематического режима мотовила, показано на рис. 1 и 2.

Величина λ зависит от состояния стеблестоя и скорости машины и может изменяться в широких пределах ($\lambda = 1,4 - 1,9$). Обычно ее принимают равной $\lambda = 1,5 - 1,7$.

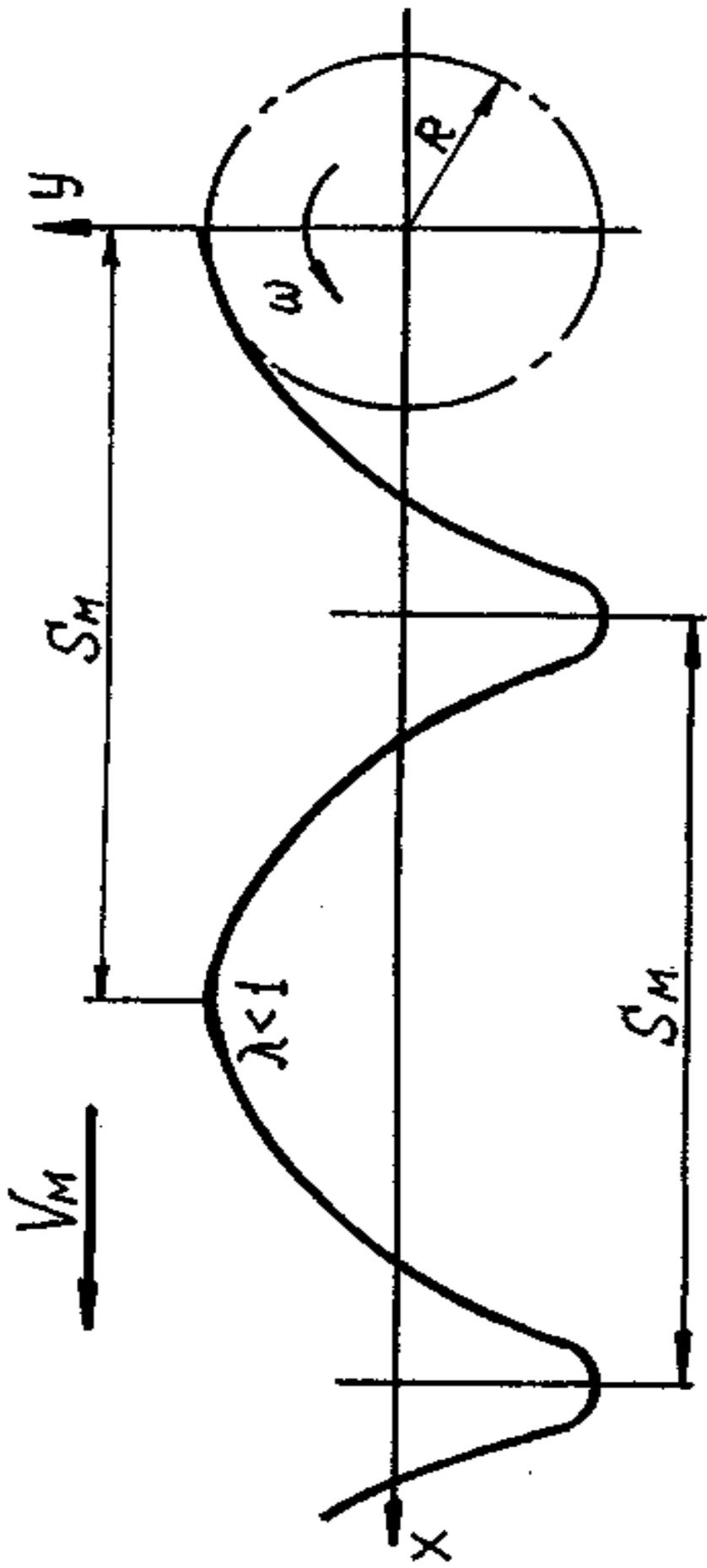


Рис. 1 Укороченная циклоида (траектория планки мотовила)

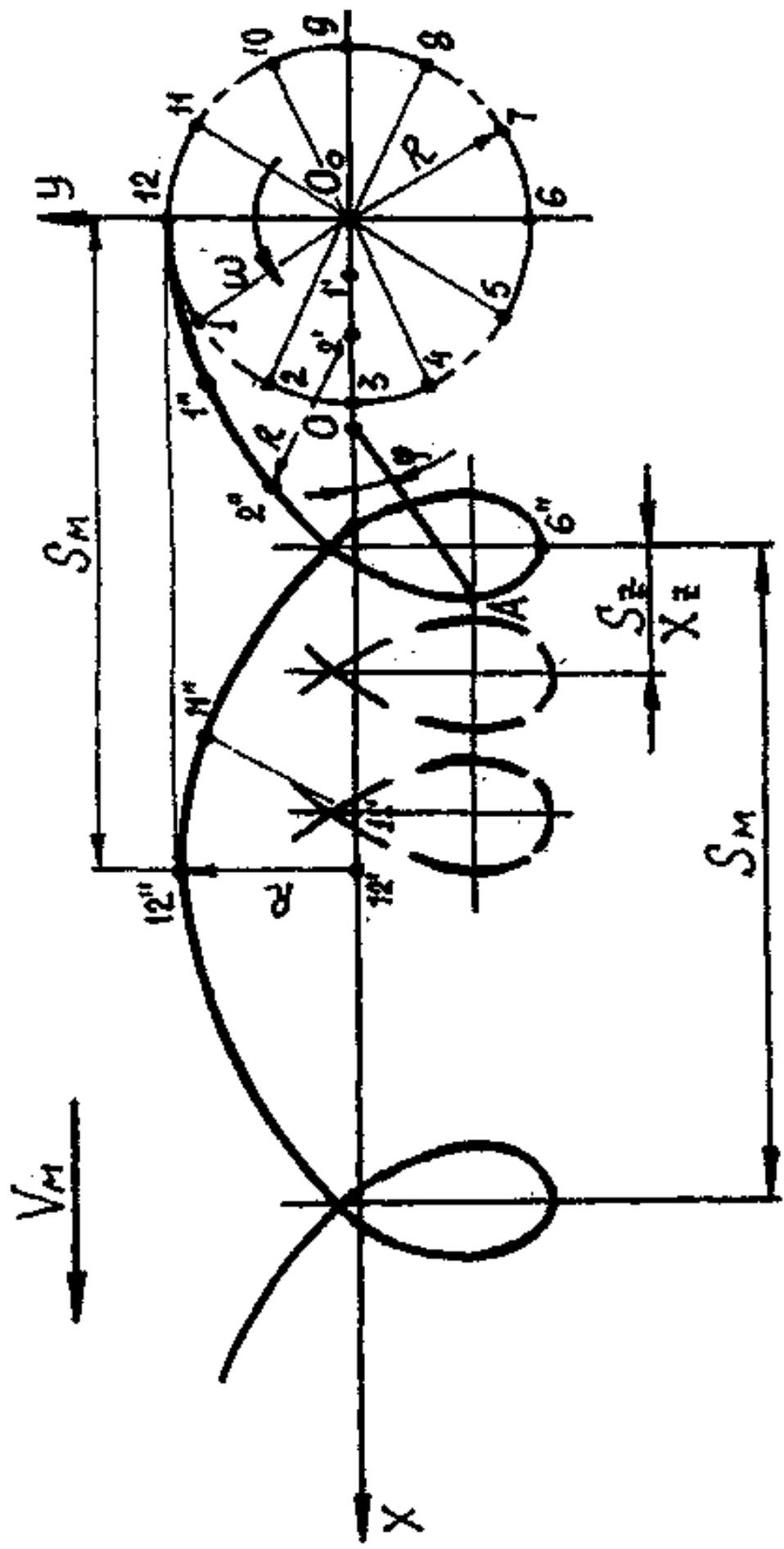


Рис. 2 Удлиненная циклоида

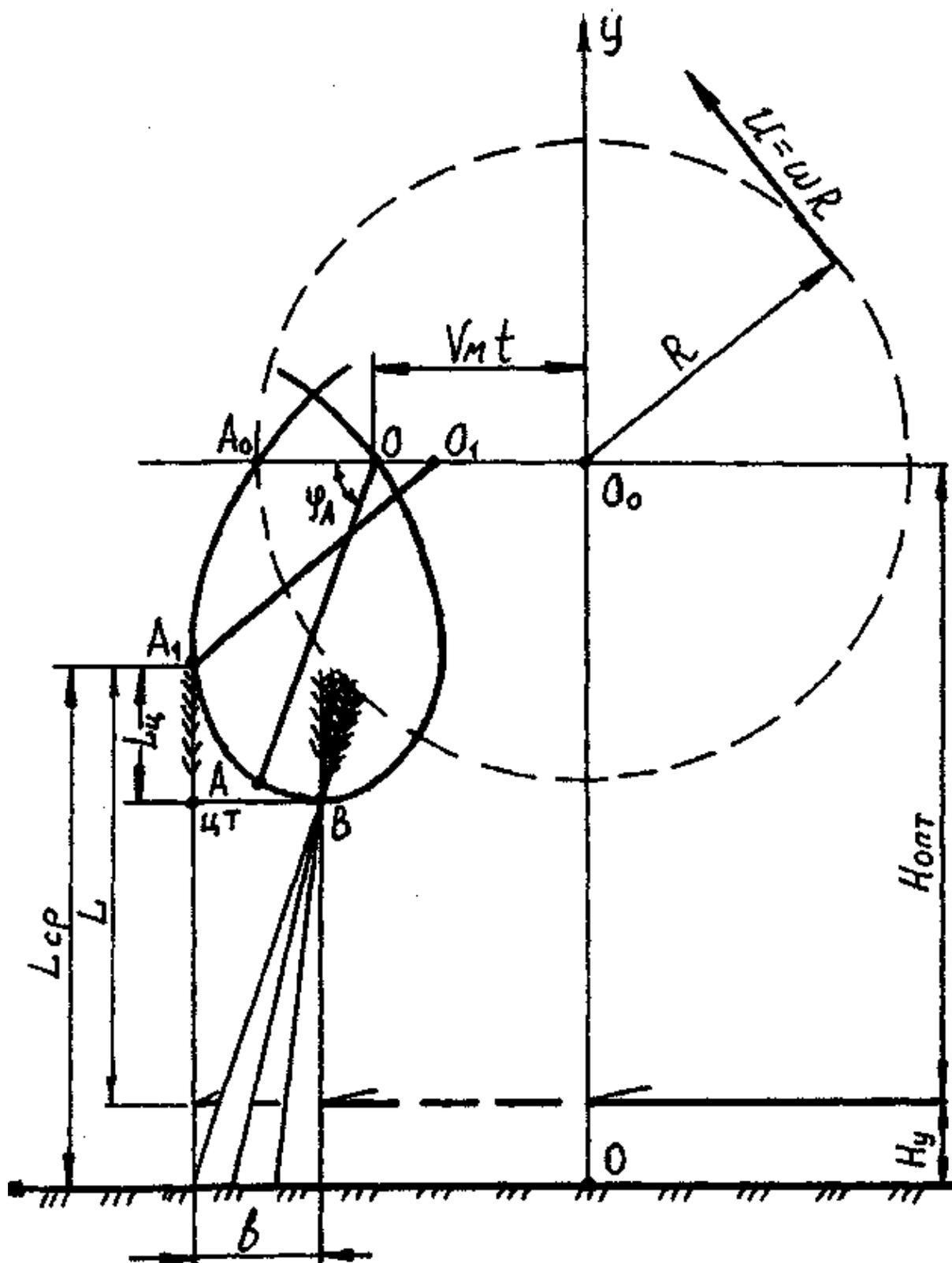


Рис. 3 К выводу уравнения траектории движения точки планки.

При $\lambda > 1,9$ планки могут производить повышенное выбивание зерен из колосьев, а при $\lambda < 1,4$ значительная часть стеблей не будет подвергаться воздействию планок.

Для нормальной работы мотовила необходимо, чтобы планки в момент подачи стеблей к ножу воздействовали бы на стебли по центру или выше их центра тяжести (рис. 3).

Из этого условия радиус мотовила можно определить по выражению:

$$R \equiv \frac{L^2}{1,6(1+L)\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)} \quad (3)$$

где: L - длина срезаемой части стебля, м.

Планки мотовила должны входить в стеблестой, когда горизонтальная составляющая окружной скорости планки мотовила равна нулю. В связи с этим высота расположения мотовила относительно режущего аппарата зависит от высоты стеблестоя и определяется уравнениями:

$$\begin{aligned} H_{\max} &\equiv L_{\max} - h_{\min} + \frac{R}{\lambda_{\min}} \\ H_{\min} &= L_{\min} - h_{\max} + \frac{R}{\lambda_{\max}} \end{aligned} \quad (4)$$

где: L_{\max} и L_{\min} - соответственно максимальная и минимальная высота стеблестоя, м; $L_{\max, \min} = (1,2 \dots 0,8) L_{\text{ср}}$

h_{\max} и h_{\min} - максимальная и минимальная высота среза, м:

$$h_{\max, \min} = (1,1 \dots 0,9) h_{\text{ср}}$$

λ_{\max} и λ_{\min} - максимальный и минимальный показатель кинематического режима мотовила;

$$\lambda_{\max,\min}=(1,2 \dots 0,8) \lambda_{\text{ср}}$$

Пределы регулирования оси мотовила по высоте:

$$H_p = H_{\max} - H_{\min} \quad (5)$$

Путь пройденный машиной за один оборот мотовила определяете из выражения:

$$S_M = \frac{2\pi R}{\lambda} \quad (6)$$

Шаг мотовила определяется из выражения:

$$S_z = \frac{2\pi R}{\lambda Z} \quad (7)$$

Коэффициент полезного действия мотовила определяется отношением суммарной длины полосок стеблей, срезанных ножом за время одного оборота мотовила, к пути, пройденному машиной за это время. Длина этих полосок зависит не только от размеров петли циклоиды, но и от взаимодействия срезанных стеблей. Коэффициент воздействия мотовила определяется из выражения:

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

где: Z - число планок мотовила;

ε - коэффициент взаимодействия стеблей ($\varepsilon = 1,0 \dots 1,7$);

C -вынос мотовила относительно режущего аппарата, м;

R - радиус мотовила, м,

λ - показатель кинематического режима мотовила.

Если $C=0$, тогда КПД мотвила:

$$\eta_T = \frac{\varepsilon Z}{2\pi} \left(\arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \right) \quad (9)$$

Практическая часть

1.Содержание работы:

1) построить траекторию планок мотвила, исходя из заданных условий работы;

2)определить основные параметры мотвила;

3)оценить совместную работу мотвила и режущего аппарата;

4) сравнить работу проанализированного мотвила с реальным.

2. Оборудование и инструменты. Вычислительная машинка, чертежный инструмент, миллиметровая бумага формата А2.

3.Исходные данные. Исходные данные приведены в таблице 1.

Табл. 1

Исходные данные

Номер варианта	L_{cp} , м	H_y , м	Z	V_m , м/с	λ	ε
1	2	3	4	5	6	7
1	0,70	0,14	5	1,30	1,50	1,2
2	0,75	0,12	6	0,9	1,40	1,1
3	0,85	0,20	4	1,60	1,3	1,5
4	0,90	0,19	6	1,45	1,45	1,3
5	0,95	0,21	4	1,20	1,55	1,6
6	1,00	0,16	5	1,75	1,75	1,7
7	0,90	0,18	5	1,55	1,60	1,4
8	0,95	0,10	6	0,95	1,70	1,3
9	1,00	0,17	4	1,85	1,50	1,2
10	0,90	0,14	6	1,30	1,40	1,1
11	0,95	0,12	4	0,9	1,3	1,5
12	1,00	0,20	5	1,60	1,45	1,3
13	0,70	0,19	5	1,45	1,55	1,6
14	0,75	0,21	6	1,20	1,75	1,7

1	2	3	4	5	6	7
15	0,85	0,16	4	1,75	1,60	1,4
16	0,70	0,18	6	1,55	1,70	1,3
17	0,75	0,10	4	0,95	1,45	1,5
18	0,85	0,17	5	1,85	1,55	1,3
19	0,75	0,16	5	1,45	1,75	1,6
20	0,85	0,18	6	1,20	1,60	1,7
21	0,90	0,17	6	1,55	1,50	1,3
22	0,95	0,19	4	0,95	1,40	1,5
23	1,00	0,21	5	1,85	1,3	1,3
24	0,70	0,16	5	1,30	1,45	1,6
25	0,75	0,18	6	0,9	1,55	1,7
26	0,85	0,10	4	1,60	1,75	1,3
27	0,70	0,17	6	1,45	1,60	1,5
28	0,75	0,14	5	1,20	1,70	1,3
29	1,00	0,12	6	1,75	1,75	1,6
30	0,70	0,20	4	1,55	1,60	1,7

L_{cp} – средняя высота растений, H_y – высота установки режущего аппарата, Z – число планок мотовила, V_m – скорость движения машины, λ – показатель кинематического режима работы мотовила, ε – коэффициент взаимодействия стеблей.

4. Порядок выполнения работы.

1) определить радиус мотовила по формуле (3) и путь, пройденный машиной за один оборот мотовила по формуле (6);

2) построить на миллиметровой бумаге траекторию планки мотовила (вид схемы должен быть как на рис. 2).

На листе бумаги в определенном масштабе (по возможности схема должна быть максимально большого масштаба) описать окружность радиусом R . Расставить оси X и Y как показано на рис. 2. По оси X в том же масштабе отложить отрезок, равный S_m .

Окружность и отрезок S_m (по линии движения оси мотовила) поделить на 12 равных частей. Точки на окружности обозначить (1,2.. 12), а точки на отрезке S_m (1,2` ... 12`).

Из точек окружности провести линии, параллельные оси X и на них из соответствующих точек отрезка S_m радиусом R сделать циркулем засечки на

соответствующих горизонтальных линиях (или провести линии, параллельные лучам O_01 , O_02 и т.д. до пересечения с соответствующими горизонтальными линиями) и обозначить полученные точки $1''$, $2''$ - $12''$. Плавной кривой соединить полученные точки пересечения. Эта кривая представляет траекторию планки мотовила и называется циклоидной.

Построить таким же образом траектории еще для других следующих за первой планок.

3) на левой части первой петли (см.рис. 4) найти точку А - точку оптимального входа планки мотовила в стеблестой. Положение точки А определить из выражения:

$$y_A = \frac{R}{\lambda} \quad (10)$$

Отложить это расстояние от оси X и отметить на циклоиде точку А. От точки А вниз отложить отрезок, равный L_{cp} и обозначить поверхность поля.

4) определить расстояние от точки А до нижней точки петли циклоиды K_0 . При оптимальной установке мотовила по высоте это

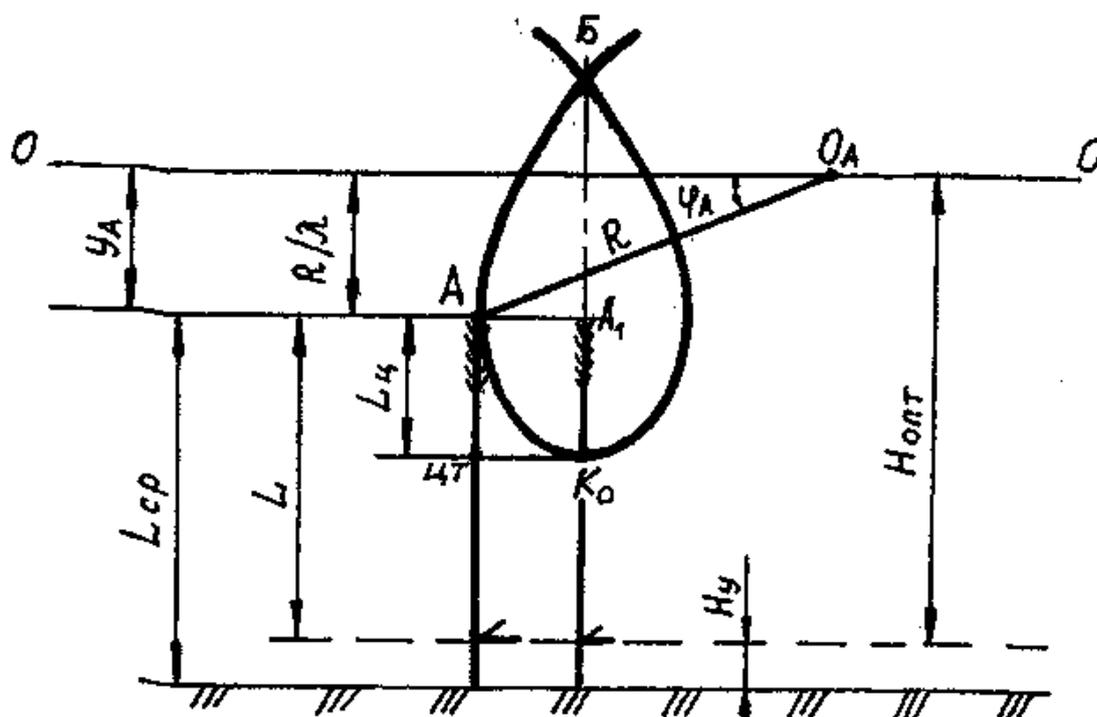


Рис. 4 Схема установки мотовила

расстояние должно совпадать с координатой центра тяжести $L_{ц}$ срезанной части стебля. Её определяют по выражению:

$$L_{ц} = R \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) \quad (11)$$

При правильном построении и расчетах конец отрезка $K_0A_1 = L_{ц}$ должен попасть в точку **A**;

5) определить шаг мотвила по чертежу.

$$S_z = X_z \mu \quad (12)$$

где: X_z - отрезок (рис. 2); мм;
 μ - масштаб рисунка, м/мм.

б) найти с помощью рис. 4. оптимальное значение высоты установки вала мотвила над ножом, которое определяется исходя из условия, что планка мотвила должна погружаться в хлебостой либо на уровне центра тяжести стебля, либо чуть выше его:

$$H_{\text{опт}} = L + \frac{R}{\lambda} \quad (13)$$

или

$$H_{\text{опт}} = H_{\text{опт}}^ч \mu$$

где: $H_{\text{опт}}^ч$ - отрезок с рис. 4, мм;

7) определить окружную скорость (м/с) планки мотвила.

$$U = V_M \lambda \quad (14)$$

Порядок определения C_{max} (рис.5.):

а) радиусом **R** из точки **E** сделать засечку на линии движения вала мотвила и обозначить точку **O_E** (это точка, где находится вал мотвила в момент, когда планка находится в точке E);

б) на отклоненном стебле **mE** отметить точку **Д** - точку пересечения этого стебля с траекторией режущего аппарата. Расстояние по горизонтали между точками **O_E** и **Д** будет максимально возможным выносом мотвила вперед (**C_{max}**);

10) для анализа того, что найденное значение выноса является максимально возможным необходимо провести анализ работы мотвила при выносе на 50% больше, чем **C_{max}** и выносе на 50% меньше, чем **C_{max}**. Обозначить меньший вынос **C₁**, а больший – **C₃**, тогда:

$$\begin{aligned}C_1 &= 0,5C_{max} \\C_2 &= C_{max} \\C_3 &= 1,5C_{max}\end{aligned}\tag{17}$$

11) определить ширину **b** полоски стеблей, срезаемых при воздействии на них одной планки с различными значениями выноса (без учета взаимодействия стеблей).

Здесь возможны два варианта:

- вынос мотвила меняется от **0** до **C_{max}**

$$0 < C < C_{max};\tag{18}$$

- вынос мотвила больше найденного максимального значения

$$C > C_{max}.\tag{19}$$

При варианте (18) и высоте вала **H_{онт}** величина **b** определится как расстояние между стеблем **mA** (он является первым стеблем, который захватывает планка) и тем стеблем **K**, к которому одновременно подойдет планка и режущий аппарат. При этом планка подходит к стеблю **K** вверху, двигаясь к режущему аппарату (т.е. против хода машины), а режущий

При втором варианте выноса (19) стебель mA и вместе с ним еще несколько стеблей успеют выскользнуть из-под планки до того, как к ним сзади подойдет режущий аппарат.

Задняя (по ходу движения) граница фактической зоны b_3 соответствует точке K_3 . Передней границей зоны b_3 является последний стебель, который срезается ножом и начинает выскользывать из-под планки в момент среза. Эта граница находится последовательным приближением в следующем порядке:

Первый этап приближения:

а) на петле третьей циклоиды отметить точки A , E , K_3 , а под ней обозначить точки m и D (рис. 7). Расстояние от точки K_3 до стебля mA обозначить b'_3 (это теоретическая ширина полосы стеблей при $C=C_3$);

б) аналогично пункту (9,а) найти точку O_E на траектории вала;

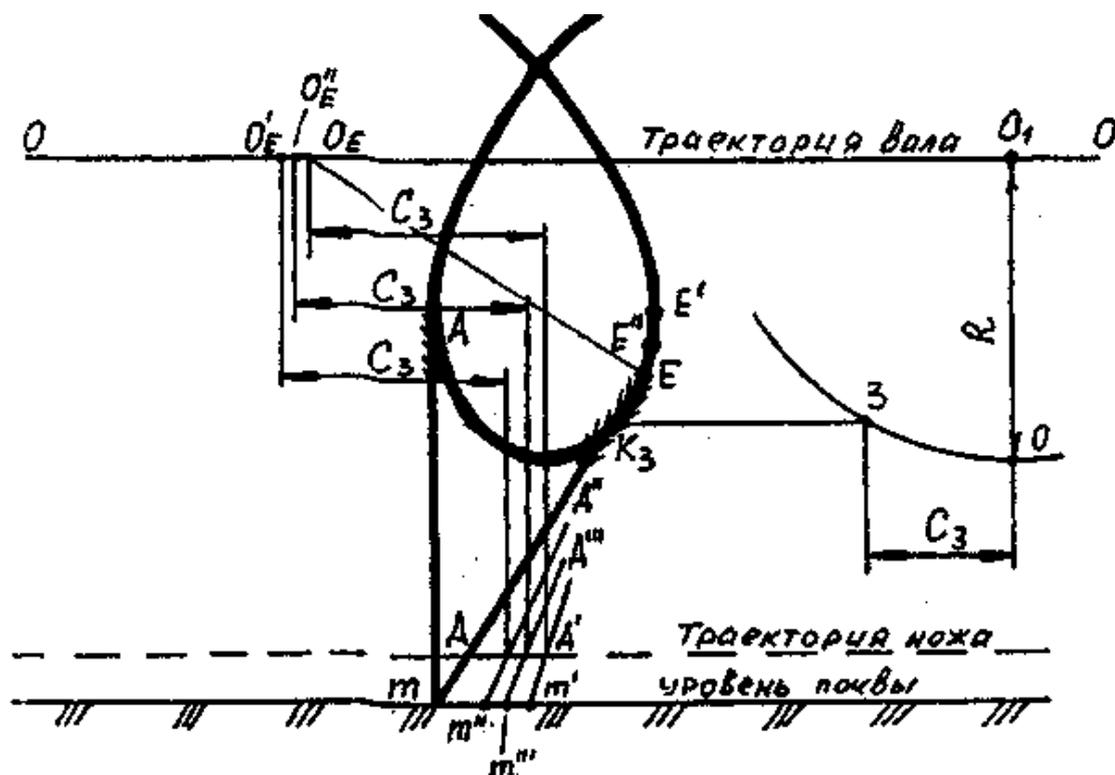


Рис. 7 Копределению b_3

в) на расстоянии C_3 от O_E найти на траектории ножа точку D' ;

г) провести через D' касательную к петле до пересечения с землей в точке m' . На этом заканчивается первый этап приближения.

Второй этап приближения:

д) из точки m' провести радиусом L_{cp} дугу до пересечения с петлей в точке E' . В этой точке будет выскальзывать из-под планки стебель, растущий из точки m' ;

е) из точки E' радиусом R отметить точку O'_E на траектории вала. Здесь будет вал в момент выскальзывания стебля $m'E'$ из-под планки;

ж) на расстоянии C_3 от O'_E найти на траектории ножа точку D'' . В этой точке будет происходить срез в момент выскальзывания стебля $m'E'$ из-под планки;

з) провести через D'' касательную к петле до пересечения с землей в точке m'' . В этой точке растёт стебель, который срезается в момент выскальзывания стебля m' . На этом заканчивается второй этап приближения;

Третий этап приближения:

и) из точки m'' радиусом L_{cp} провести дугу до пересечения с петлей в точке E'' . В этой точке будет выскальзывать из-под планки стебель, растущий в точке m'' ;

к) радиусом R из точки E'' на траектории вала сделать отметку - (точку O''_E) на расстоянии C_3 от O''_E найти на траектории режущего аппарата точку D''' ;

м) провести через D''' касательную к петле до пересечения с землей в точке m''' . Если выполняется условие $m''m''' < 1$ мм построения следует закончить, а расстояние между вертикалями, приведенными через точку m''' и K_3 , принять за b_3 . Если же; $m''m''' > 1$ мм, то построение следует продолжить до выполнения условия $m''m''' < 1$ мм, т.е. провести четвертый и т.д. этапы приближения.

12) построить график зависимости $\eta=f(c)$. Для этого следует предварительно заполнить вспомогательную табл. 2.

Табл. 2

Вынос вала, м.	$C=C_0=0$	$C=C_1$	$C=C_2=C_{\max}$	$C=C_3$
Участок полезной работы, b , м.	$b_0=$	$b_1=$	$b_2=$	$b_3=$ $b'_3=$
Коэффициент полезности, η , %.	$\eta_0=$	$\eta_1=$	$\eta_2=$	$\eta_3=$ $\eta'_3=$

Коэффициент полезности находится из выражения:

$$\eta_i = \frac{100b_i \varepsilon}{S_Z} \quad (20)$$

где: $b_i = [b_i] \mu$ - из рис. 6 и 7.

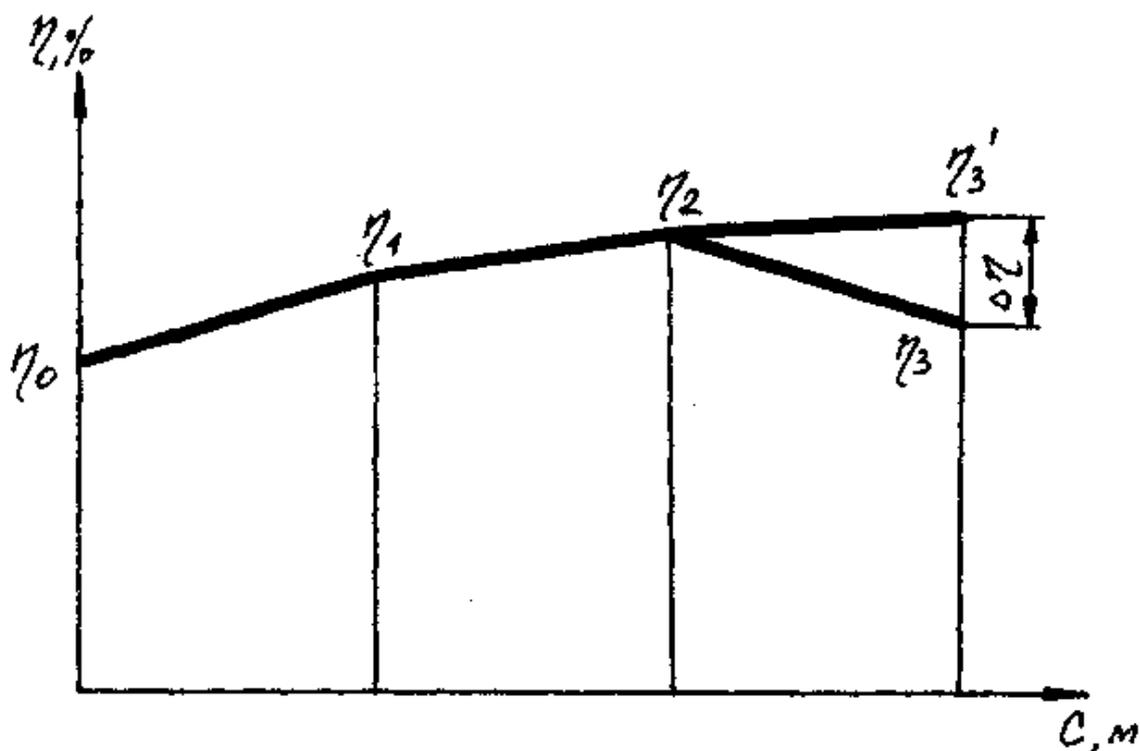


Рис. 8 График зависимости $\eta=f(c)$

При $C=C_3$ необходимо определить два значения коэффициента полезности для $b=b'_3$ и $b=b_3$.

Используя данные табл. 2, построить график $\eta=f(c)$ (рис. 8) на свободном месте листа;

13) оценить, сколько стеблей (в %) выкальзывает из-под планки:

$$\Delta\eta = \eta'_3 - \eta_3 \quad (21)$$

Вопросы выходного контроля:

1. Перечислите типы мотовил и дайте их краткую характеристику.
2. Чем изменяют частоту вращения мотовила и от чего она зависит?
3. Как отрегулировать предохранительную муфту мотовила и проверить крутящий момент, на который она установлена?
4. Объяснить влияние выноса на КПД мотовила?
5. Как устанавливают частоту вращения мотовила в зависимости от скорости машины?
6. Понятие показателя кинематического режима мотовила и влияние его на качество работы?
7. Объяснить понятие "удлиненная" и "укороченная" циклоиды?
8. Показать на чертеже путь, проходимый режущим аппаратом с момента начала и до конца взаимодействия планки со стеблем?
9. Что происходит со стеблями, если планка проходит ниже их центра тяжести?
10. Раскрыть причины вымолота зерна из колоса планкой мотовила?
10. Что такое рабочий участок траектории движения планки?
11. Когда возможен срез стеблей без мотовила?
12. Написать уравнение траектории движения точки планки мотовила?
13. Что такое шаг мотовила? Написать выражение для его расчета?

2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

Теоретическая часть

Сегментно-пальцевые 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, равный перемещению его из одного крайнего положения в другое.

По соотношению этих параметров различают:

$t=t_0=S=76,2$ мм - аппарат нормального резания с одинарным пробегом ножа (однопробежный);

$2t=2t_0=S=152,4$ мм - аппарат нормального резания с двойным пробегом ножа (двухпробежный);

$t=2t_0=S=76,2$ мм - аппарат низкого резания;

$t=Kt_0=S=76,2$ мм - аппарат среднего резания ($1,2 < K < 1,4$).

Сегментно-пальцевые аппараты менее энергоемки, чем аппараты бесподпорного резания. Они нашли широкое применение в косилках и жатках. Однако возвратно-поступательное движение ножа вызывает знакопеременные инерционные нагрузки на его привод, что ограничивает рабочие скорости машины.

Опытами установлено, что для качественного среза растений необходима скорость резания: для зерновых культур - не менее **1,5** м/с, для трав – **2,15** м/с.

КШМ привода режущих аппаратов уборочных машин **дезаксиальные**, поэтому ход ножа больше величины двух радиусов кривошипа. Однако размеры кривошипов в сравнении с длиной шатуна небольшие и составляют ($r/l=0,1-0,04$). При таких соотношениях без большой погрешности можно допустить, что в относительном перемещении нож совершает колебательное движение, описываемое уравнением:

$$x_H = r(1 - \cos \omega t) \quad (22)$$

где: x_H - перемещение ножа, м;
 r - радиус кривошипа, м;
 ωt - угол поворота кривошипа, град.

Первая производная от перемещения дает значение скорости ножа:

$$V_H = dx / dt = r\omega \sin \omega t \quad (23)$$

Вторая производная от перемещения дает значение ускорения

ножа:

$$j_H = d^2x / d^2t = r\omega \cos \omega t \quad (24)$$

Нож движется относительно пальцев (относительное движение) и одновременно вместе с машиной.(переносное движение).

За время перемещения ножа из одного крайнего положения в другое машина пройдет путь, который называется подачей. Величина подачи на режущий аппарат за один ход (взмах ножа) равна:

$$L = V_M t = V_M \frac{\pi}{\omega} \quad (25)$$

где: L - подача на нож, м;
 V_M - скорость движения машины, м/с;
 ω - угловая скорость кривошипа, рад/с.

Площадь, равную по длине подаче, а по ширине - ходу ножа, называют площадью подачи (m^2):

$$F_{\Pi} = LS \quad (26)$$

Наибольшая площадь, с которой растения срезаются сегментом за один пробег ножа около одного из пальцев, условно называется площадью нагрузки и определяется выражением:

$$f_{\text{Н}} = F_{\Pi} K \quad (27)$$

где: K – коэффициент, характеризующий тип режущего аппарата (для однопробежного аппарата $K=1$, для двухпробежного $K=0,32$, для аппарата низкого резания $K=0,68$).

В аппарате нормального резания площади подачи и нагрузки равны. В аппаратах низкого и нормального резания с двойным пробегом ножа площадь нагрузки будет различна, так как срез происходит у двух пальцев при одном ходе ножа.

Практическая часть

1. Содержание работы:

1) для заданных условий (табл.3) и типа режущего аппарата (табл.4) построить абсолютную траекторию движения любой точки сегмента и определить границы участков, с которых срезаются стебли за один ход ножа;

2) построить диаграмму высоты стерни; площадь подачи для растений, расположенных в одной плоскости по ходу движения машины;

3) оценить влияние отгибов стебля на высоту получаемой стерни и рассчитать среднюю высоту стерни;

4) определить скорость начала и конца резания сегментом и сравнить их с наименьшей допустимой;

5) построить график для определения слагающей скорости вдоль лезвия и проанализировать характеристику его работы;

6) построить графики ускорения ножа и сил, действующих на нож;

7) рассчитать скорость машины через площадь нагрузки и мощность для привода ножа.

2. Оборудование и инструменты. Миллиметровая бумага, вычислительная машинка, линейка, угольник, циркуль, карандаш.

3. Исходные данные. Варианты заданий студенты выбирают по табл.3 и 4.

4. Порядок выполнения работы.

1) вычертить в выбранном масштабе сегмент и противорежущую пластину по размерам, указанным в табл.4 и обозначить эти размеры цифрами (рис. 9,б).

2) построить траекторию абсолютного движения точки ножа, предварительно определив величину подачи L по формуле (25), согласно (рис.9, в).

Из точки A расположенной на лезвии сегмента, в выбранном масштабе отложить по оси X отрезок, равный величине $2r$, а из точки A' по оси Y - отрезок, равный величине подачи L . Из середины отрезка AA' (точка O) радиусом r через точку A провести полуокружность.

Полуокружность и отрезок L разделить на одинаковое число равных частей (**6,8,10,12** и т.д.) и обозначить их цифрами (**1,2,3** и т.д. на полуокружности; **1',2',3'** и т.д. - на отрезке L).

Затем из точек на полуокружности провести вертикальные линии до пересечения их с соответствующими горизонтальными прямыми проведенных из точек на отрезке L .

Точки пересечения лежат на траектории абсолютного движение точки A сегмента. Соединить полученные точки пересечения плавной кривой.

Исходные данные

Номер варианта	V_m , м/с	ω , рад/с	H_y , см	$L_{ш}$	d	Номер варианта в табл. 13
1	2	3	4	5	6	7
1	2,0	48	15	15 r	1 r	1
2	2,2	60	20	20 r	2 r	1
3	2,1	55	18	25 r	3 r	1
4	1,6	70	16	20 r	4 r	1
5	1,8	80	14	15 r	5 r	1
6	1,5	90	12	15 r	6 r	2
7	1,7	100	19	20 r	7 r	2
8	1,9	85	8	20 r	3 r	2
9	1,5	75	10	15 r	4 r	2
10	1,4	65	15	20 r	5 r	3
11	1,6	50	18	25 r	2 r	3
12	1,8	48	16	20 r	3 r	3
13	1,5	60	15	15 r	1 r	
14	1,7	55	20	15 r	2 r	1
15	1,9	70	18	20 r	3 r	1
16	1,5	80	16	20 r	4 r	1
17	1,4	90	14	20 r	5 r	1
18	2,0	100	12	20 r	6 r	2
19	2,2	85	19	15 r	7 r	2
20	2,1	75	8	20 r	3 r	2
21	1,6	65	10	25 r	4 r	2
22	1,8	50	15	20 r	5 r	2
23	1,5	80	18	15 r	2 r	3
24	1,9	90	16	15 r	3 r	3
25	1,5	100	10	20 r	3 r	3
26	1,4	85	15	20 r	4 r	3
27	2,0	75	18	15 r	5 r	1
28	2,2	65	16	20 r	2 r	1
29	1,5	50	18	20 r	3 r	1
30	1,9	65	16	20 r	3 r	2

V_m – скорость машины, ω – угловая скорость кривошипа, H_y – высота установки режущего аппарата, $L_{ш}$ – длина шатуна, d - дезаксиал

Исходные данные

Номер варианта	Тип режущего аппарата	Размеры сегмента и противорежущей пластины, мм						
		b	b ₀	h	f	b ₁	b ₂	h ₁
<u>1</u>	S=t=t ₀ =76,2 мм	76	16	75	21	22	22	57
<u>2</u>	S=t=t ₀ =76,2 мм	76	16	80	25	37	22	59
<u>3</u>	S=t=t ₀ =90 мм	90	12	85	34	37	22	59

Дополнительно для всех вариантов:

1. удельная работа, затрачиваемая на срез растений $\varepsilon=150 \text{ (Н}\cdot\text{м)/м}^2$;
2. масса погонного метра ножа $m_{уд}=2,0 \text{ кг/м}$;
3. коэффициент трения ножа по пальцевому брусу $f=0,30$;
4. длина ножа $L_H=2,1 \text{ м}$.

По полученной траектории создать на плотной бумаге шаблон, который следует в дальнейшем использовать при построении графики пробега активной части лезвия сегмента.

3) построить график пробега активной части лезвия (рис.11).

Построение выполнить в следующем порядке:

а) нанести осевые линии пальцев на расстоянии t_0 один от другого и вычертить ширину пальцев, приняв ее равной средней ширине противорежущей пластины $b_{cp} = (b_1 + b_2)/2$ (рис.11);

б) вычертить сегмент по заданным размерам с учетом подачи L для пяти положений (I,II,III,IV,V);

в) с помощью шаблона вычертить траекторию абсолютного движения точек пяток и вершин соответствующих лезвий сегмента как показано на рис 11. Из-за выступов на пальцах в отдельных режущих аппаратах активным является не все лезвие сегмента. Для аппаратов жаток и косилок величина неактивной части сегмента $m=9-12$ мм, а в аппаратах жаток комбайнов $m=0$. Значение m студенты выбирают по своему усмотрению или равной нулю.

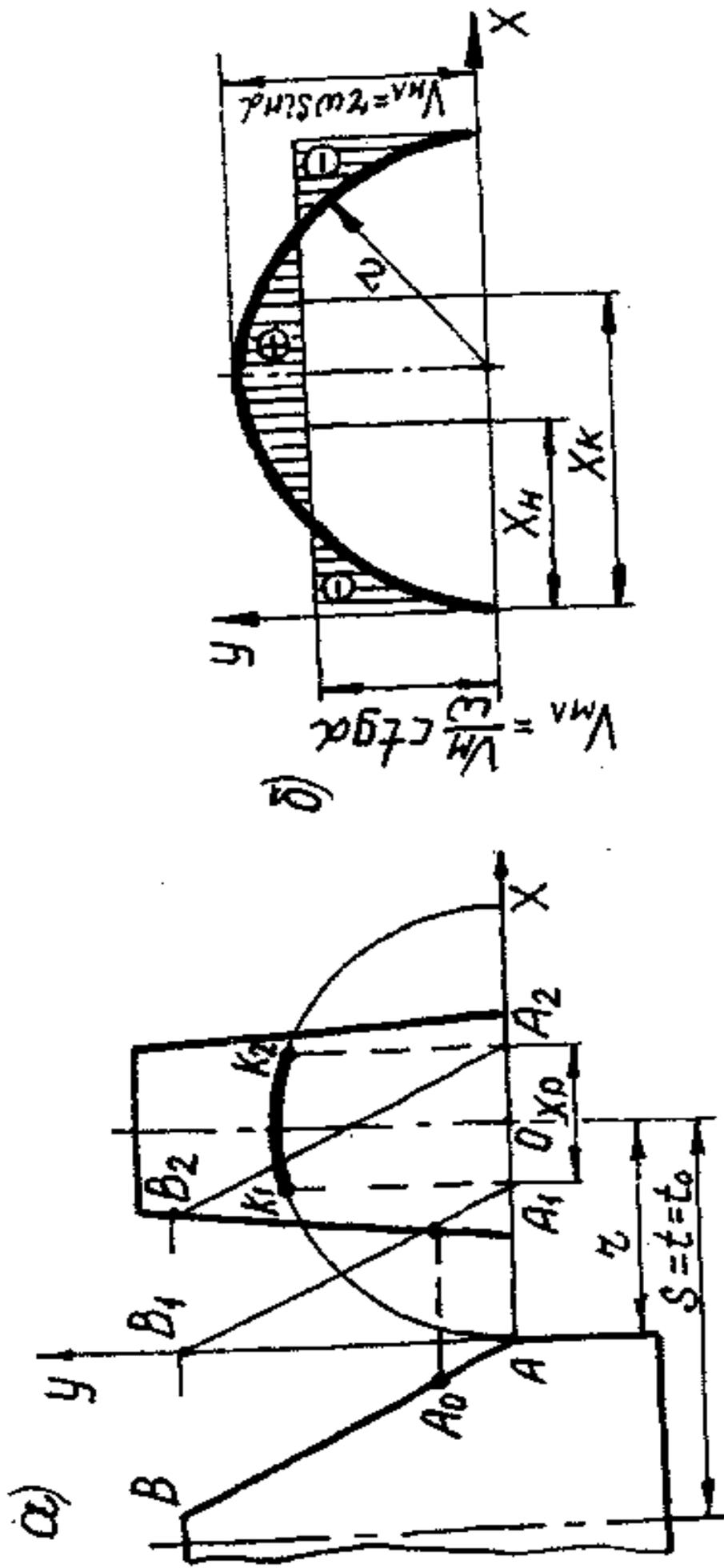


Рис. 10 Построение рабочих характеристик режущего аппарата.

После этого необходимо заштриховать площадки, на которых активные части лезвий срезают стебли при прямом и обратном ходе (как показано на рис.11).

4) построить диаграмму высоты стерни (рис.11 - справа) для растений, расположенных вдоль кромки **mm** пальца 2. Построение выполнить в последовательности (графически - по способу академика И.Ф.Василенко):

а) нанести стебли растений на каком-то расстоянии друг от друга вдоль кромки пальца 1. Стебли растений, размещенные на участке (**ab**, зона **I**), срежутся у пальца 2 без отгиба; на участке (**bc**, зона **II**) - у пальца 1 с одинаковым поперечным отгибом (**q₂**). Стебли с участка (**cd**, зона **III**) будут иметь различный продольный отгиб и срежутся в точке **d** пучком. Отрезок **cd**=**q₃^{max}**;

б) нанести высоту **H_y** установки ножа (рис.2.3 - справа для зоны **I**);

в) спроектировать стерню растений зоны **I**, которые размещены на участке **ab**. Высота стерни этих растений будет равна заданной высоте среза **H_y** (см.рис.11 - справа);

г) определить величину отгиба стеблей зоны **II**. Принимая приближенно, что все растения зоны **II** будут отгибаться по касательной к синусоиде, имеющей минимальный угол наклона. Тангенс угла этой касательной будет равен:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{L}{\pi r} \quad (28)$$

где: **L** - величина подачи, м;
r - радиус кривошипа, м.

Отгиб **q₂** можно определить путем построения треугольника с катетами **L** и **πr** (см.рис.11). Гипотенуза треугольника дает направление отгиба стеблей, а ее отрезок, заключенный между соседними пальцами, будет

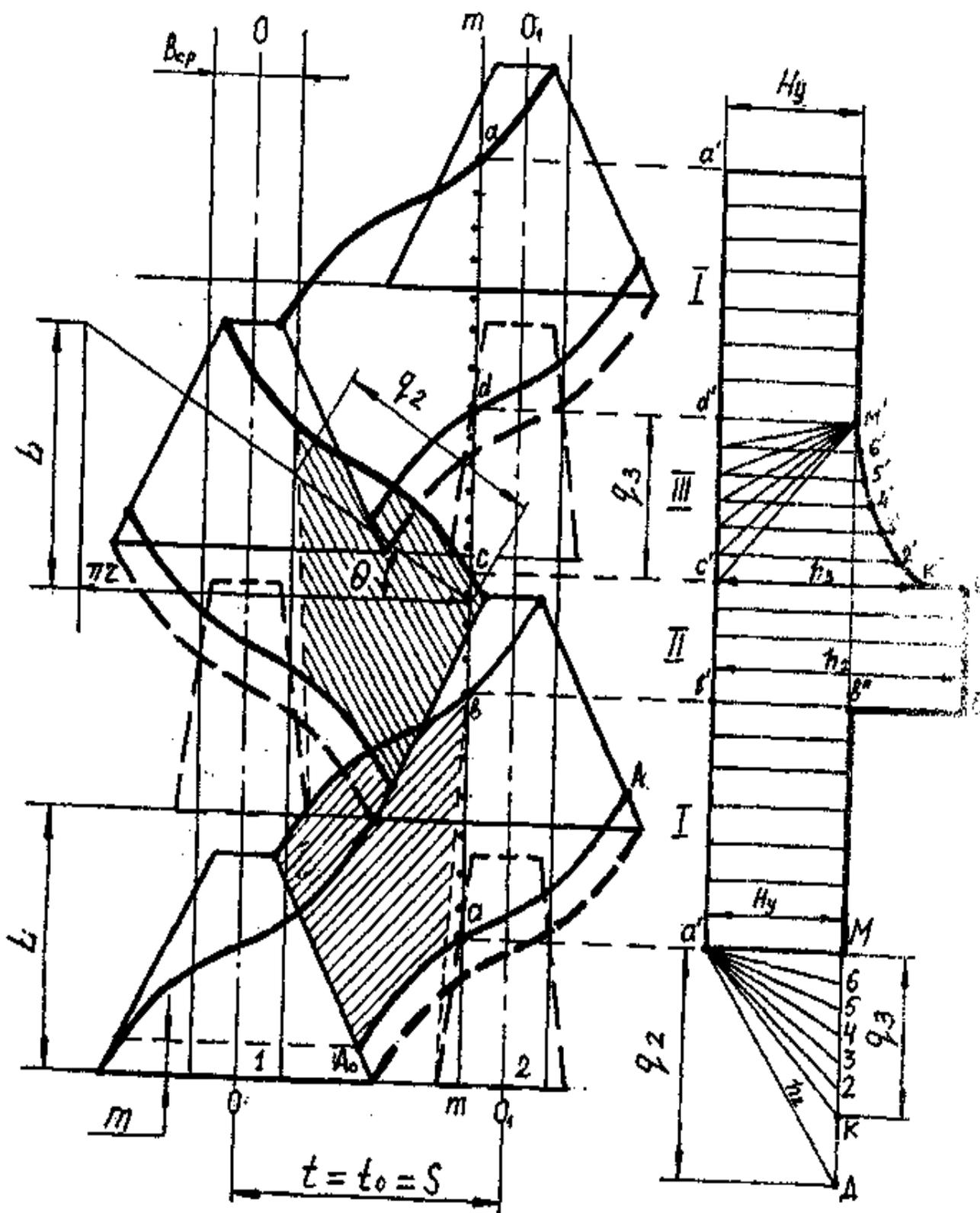


Рис. 11 Построение площади активного пробега лезвия сегмента и графика изменения высоты стерни.

величиной отгиба растений q_2 . Тогда высота стерни в зоне **II** определится по формуле:

$$h_2 = \sqrt{H_y^2 + q_2^2} \quad (29)$$

Высоту стерни в зоне **II** можно определить графически (см. рис. 11 и 13).

д) определить высоту стерни в зоне **III**. Стебли будут иметь разную по высоте стерню, так как при срезе отгибаются по разному, но срезаются в одной точке. Высота стерни в зоне **III** определяется графически путем построения прямоугольного треугольника, у которого один катет равен H_y , а другой различным значениям продольного отгиба q_3 (см. рис.11). Длины отрезков стеблей $a'M$, $a'6$, $a'4$, $a'2....a'K$ переносятся на диаграмму стерни, полученные точки M' , $6'$, $5'$, $4'....K'$ соединяются плавной кривой. Линия $a'a'$ представляет собой землю.

Далее при движении сегмента картина стерни повторяется.

5) определить среднее значение высоты стерни по формуле:

$$h_{cp} = \frac{F_{ст}}{2L} \quad (30)$$

где: $F_{ст}$ - площадь фигуры (m^2), заключенной между линией графика изменения высоты стерни ($M'K'CBb''M$) и линией земли в пределах ($d'a'$) что соответствует одному обороту кривошипа (две подачи машины).

б) оценить степень неравномерности (%) высоты среза:

$$\Delta h = \frac{100(h_{max} - H_y)}{H_y} \quad (31)$$

где: h_{max} - максимальная высота стерни (берется с графика), м.

По агротребованиям Δh не должно превышать 20%.

7) построить площадь подачи F_n и определить площадь нагрузки f_n . Для этого использовать III, IV и V положения сегмента (рис.12). Площадка I ограничивается верхней и нижней частями траектории вершины лезвия сегмента. Сюда же относятся площадки II и III, стебли с которых, предварительно отогнутые пальцами, тоже попадают в рассматриваемую зону.

Для упрощения принять, что стебли отклоняются пальцами перпендикулярно траектории оси пальца. Стебли, находящиеся между пальцами, отклоняются лезвием сегмента к месту среза под углом θ . Угол θ определяется построением (см.рис.11). Этот угол одинаков при движении ножа в обе стороны (влево и вправо).

Траектория пятки лезвия сегмента на площади подачи отделяет участок IV, стебли с которого срезаются после продольного отгиба и среза пучком в точке d.

Форма и размер площади подачи F_n не зависят от направления движения ножа (влево или вправо), лишь расположение в этих случаях меняется на зеркальное (см.рис.12).

Для иллюстрации того, что все стебли будут срезаны без огрехов (без зазоров между площадями подачи) следует обвести контуры трех площадей подачи подряд, заштриховав лишь среднюю. Площадку I штриховать по направлению отгиба стеблей под углом θ .

Площадь подачи F_n определить аналитическим путем по формуле:

$$F_n = SL \quad (32)$$

Так как у однопробежного режущего аппарата все стебли за один взмах ножа срезаются у одного пальца, то площадь подачи равна площади нагрузки $F_n = f_n$.

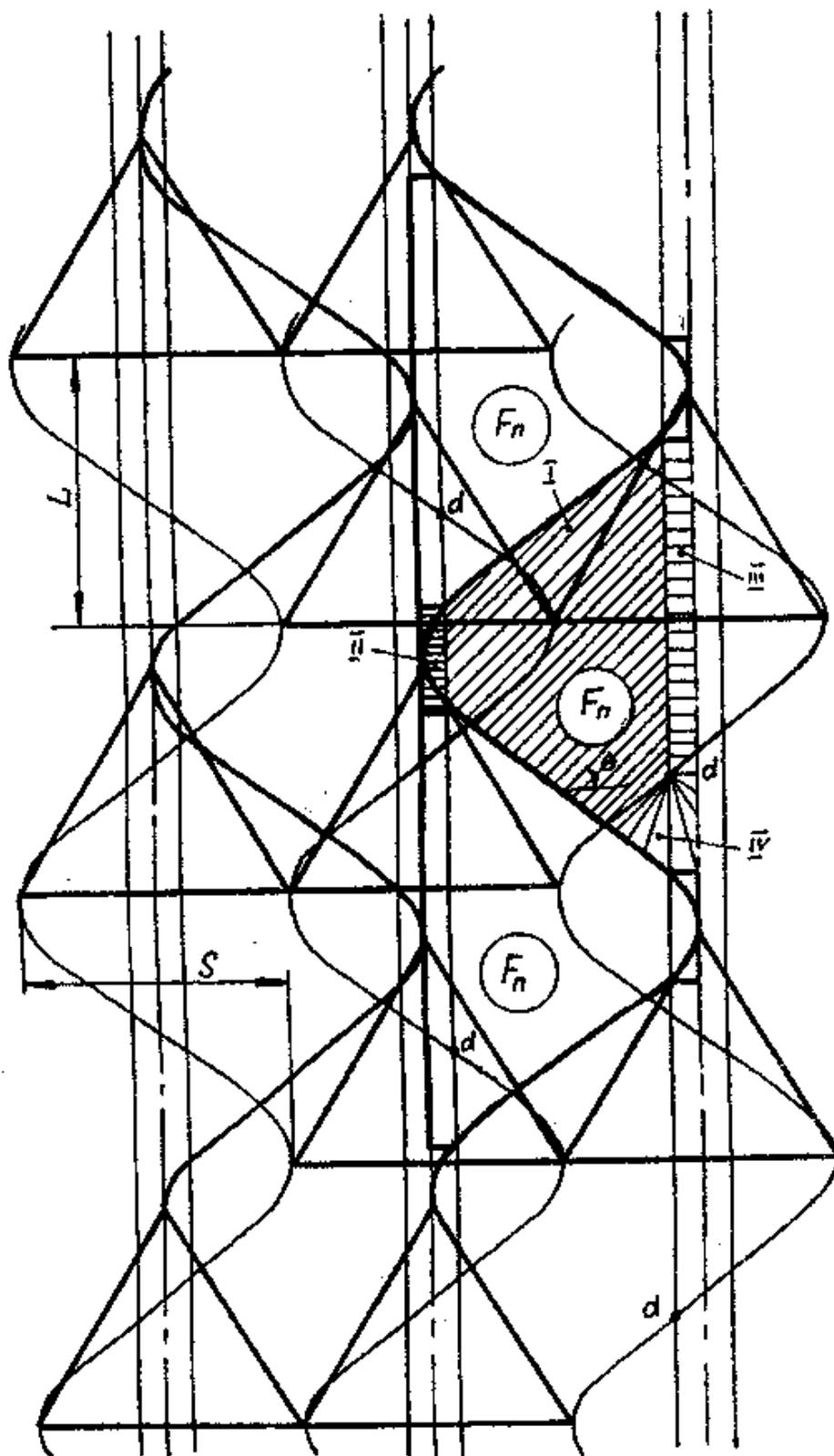


Рис. 12 Определение площади подачи F_n .

8) построить график рабочих скоростей резания. Угловая скорость кривошипа (ω) радиус кривошипа (r) и перемещение ножа (x) соотносятся со скоростью ножа (V_H) в относительном движении следующим выражением:

$$V_{HO} = \omega \sqrt{2xr - x^2} \quad (33)$$

где: V_{HO} — скорость ножа в относительном движении, м/с;
 r - радиус кривошипа, м;
 x — перемещение ножа, м.

Формула (33) представляет собой уравнение окружности радиусом r с центром, сдвинутым относительно начала координат на величину r . Так как начало координат расположено в точке A (пятка сегмента) (рис.9,а), то центр окружности будет находится на оси пальца (точка O).

Величина ω здесь выполняет функцию масштабного коэф- ;
 фициента и имеет размерность (м/с)/м.

От выбранной точки A лезвия сегмента отложить отрезок $AO=r$ и из точки O радиусом r провести полуокружность. Ординаты полуокружности в масштабе ω изображают скорости ножа, отнесенные к перемещению.

На графике (рис.9,а) отмечена точка A_0 , обозначающая начало рабочей части лезвия. Когда эта точка встретится с лезвием противорежущей пластины (положение лезвия B_1A_1) произойдет начало резания. Конец резания соответствует положению лезвия сегмента B_2A_2 .

Численное значение скорости начала и конца резания (м/с) равно:

$$\begin{aligned} V_H &= (A_1K_1)\omega \\ V_K &= (A_2K_2)\omega \end{aligned} \quad (34)$$

где: A_1K_1 и A_2K_2 - ординаты (с учетом масштаба рисунка), м;
 ω - масштабный коэффициент (угловая скорость кривошипа), (м/с)/м.

9) сравнить величину наименьшей скорости с минимально допустимым значением ($V_{\text{доп}} = 0,8$ м/с).

10) построить график изменения ускорения ножа. С учетом выражения (24) в функции перемещения ножа ускорение имеет вид:

$$j_n = \omega^2 (r - x) \quad (35)$$

где: j_n - ускорение ножа, м/с²;

ω - угловая скорость кривошипа, рад/с;

r - радиус кривошипа, м;

x - перемещение ножа, м.

Для построения графика определить значение ускорения ножа при $x=0$, $x=r$ и $x=2r$. Масштаб графика произвольный. Через полученные точки в осях (j_n, x) провести прямую линию, изображающую график $j_n = f_n$ (Рис.14).

11) проанализировать возможность и направление скольжения стеблей по лезвию.

График составляющей скорости ножа вдоль лезвия при относительном движении можно изобразить как полуокружность радиусом r , если масштаб графика принять равным $\omega \sin \alpha$.

Для изображения графика $V_{\text{мл}}$ в том же масштабе, что и $V_{\text{нл}}$, необходимо $V_{\text{мл}}$ разделить на масштаб $\omega \sin \alpha$.

На этом графике ордината, изображающая составляемую вдоль лезвия от скорости машины $V_{\text{мл}}$ в том масштабе будет составлять:

$$V_{\text{мл}} = \frac{V_M \cos \alpha}{\omega \sin \alpha} = \frac{V_M \operatorname{ctg} \alpha}{\omega} \quad (36)$$

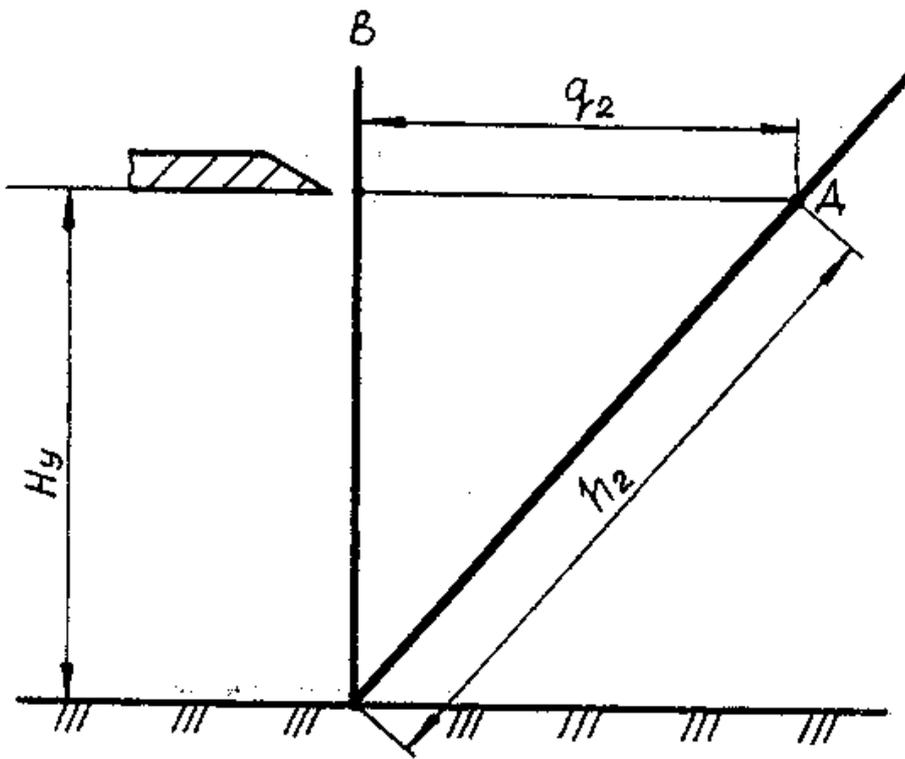


Рис. 13 Схема среза стебля и определение высоты стерни.

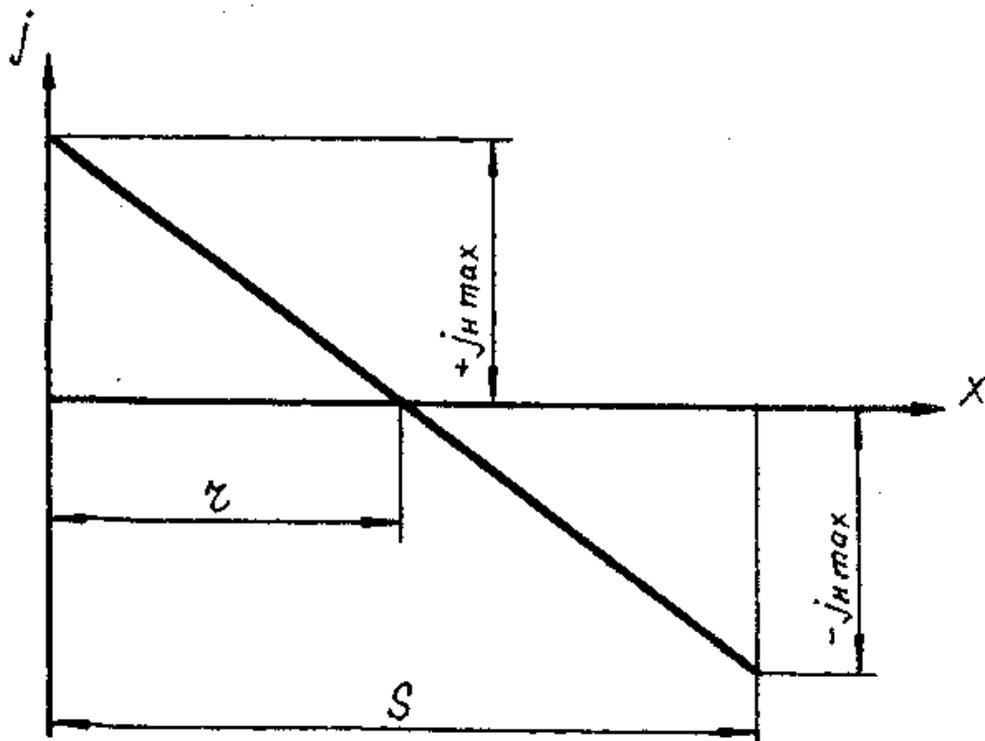


Рис. 14 График изменения ускорения ножа.

Так как составляющие $V_{нл}$ и $V_{мл}$ направлены в разные стороны . (рис.9,а), то направление результирующей скорости вдоль лезвия $\Delta V_{л}$ зависит от их соотношения ($\Delta V_{л} = V_{нл} - V_{мл}$).

При этом возможны три случая:

а) $\Delta V_{л} > 0$ - стебель скользит к носку сегмента (возможно выскользывание стебля из режущей пары);

б) $\Delta V_{л} < 0$ - стебель скользит к пятке сегмента (опасность выскользывания не существует);

в) $\Delta V_{л} = 0$ - стебель относительно лезвия не скользит, поэтому его срез происходит за счет нормальных составляющих $V_{нн}$ и $V_{мн}$ (такой срез называют рубкой).

Наиболее благоприятные условия резания можно получить выбором угла α и скорости V_m при соблюдении условия $tg\alpha > V_m/\omega r$.

12) Построить график изменения результирующей скорости вдоль лезвия сегмента (рис.10,б). График построить в произвольном месте чертежа на основании данных анализа по пункту 10.

13) Построить график изменения суммарной силы сопротивления движению ножа в функции перемещения ножа.

Суммарная сила складывается из трех сил:

$$R_{сум} = R_{ср} + R_j + R_{тр} \quad (37)$$

где: $R_{ср}$ - сила сопротивления срезу, н;

R_j - сила инерции ножа, н;

$R_{тр}$ - сила трения ножа, н.

Силу сопротивления срезу определить по площади нагрузки:

$$R_{ср} = \varepsilon f_n Z_c \frac{1}{X_p} \quad (38)$$

где: ε - удельная работа, затрачиваемая на срез растений (задана в исходных данных), (Н-м)/м²;

f_n - площадь нагрузки, m^2 ;
 Z_c - число сегментов ножа ($Z_c = L_n/t$), шт;
 x_p - перемещение ножа, при котором происходит срезание стеблей, м
 (рис.2.2,а);
 L_n - длина ножа, м;
 t - шаг режущей части, м

Принимая силу R_{cp} условно постоянной, провести в пределах x_p прямую линию, параллельную оси X (рис.15).

Силу инерции определить по формуле:

$$R_j = m_n j_n \quad (39)$$

где: $m_n = m_{уд} L_n$ - масса ножа, кг;

$m_{уд}$ - масса погонного метра ножа (исходные данные), кг/м;

L_n - длина ножа (исходные данные), м;

j_n - ускорение ножа, m/c^2 .

Силу R_j определить в трех точках: $x=0$, $x=r$, $x=2r$.

В точке $x=0$, $j_n = r\omega^2$, а $R_j = r\omega^2 m_n$.

В точке $x=r$, $j_n = 0$ и $R_j = 0$.

В точке $x=2r$, $j_n = -r\omega^2$, а $R_j = -r\omega^2 m_n$.

Через эти точки провести прямую линию, изображающую график R_j (рис.15)

Сила трения состоит из двух составляющих:

$$R_{тр} = R_{тр1} + R_{тр2} \quad (40)$$

где: $R_{тр1} = m_n g f$ - сила трения от веса ножа, Н;

f - коэффициент трения (исходные данные);

g - ускорение свободного падения, m/c^2 ;

$R_{тр2} = f N$ - сила трения от воздействия шатуна, Н;

N - нормальная составляющая от воздействия шатуна на нож, Н.

$$N = \frac{(R_{cp} + R_j + R_{тр1}) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta} \quad (41)$$

где: β - угол наклона шатуна (рис.16). Для его определения вычертить схему в масштабе и измерить угол.

При вращении кривошипа угол β меняется, поэтому и R_{TP2} меняется на всем перемещении ножа ($x=2r$). Но так как $R_{TP2} < R_{cp}$ и $R_{TP2} < R_j$, то условно принять $R_{TP2} = \text{const}$ (рис.15). I

Построить линию, отображающую $R_{сум}$ (рис.15)

14) Определить мощность для привода ножа:

$$N = R_{сум}^{\max} V_H^{\max} \quad (42)$$

где: $R_{сум}^{\max}$ – максимальное значение силы (из графика), Н;

V_H^{\max} – максимальная скорость ножа ($V_H^{\max} = r\omega$), м/с.

15) Рассчитать скорость движения машины через площадь нагрузки.

Для этого:

а) рассчитать допустимое число растений, срезаемых в пределах единицы длины сегмента за один взмах ножа у одного пальца:

$$\delta = f_H v \frac{1}{L_L} \quad (43)$$

где: δ - число растений на 1 см длины лезвия, раст./см;

f_H - площадь нагрузки, см^2 ;

L_L , - длина лезвия сегмента, см;

v - число стеблей на единицу площади поля, раст./ см^2 ($v = 0,4$ раст./ см^2).

б) рассчитать скорость машины:

$$V_M \leq \frac{2n\delta L_L}{Sv} \quad (44)$$

где: n - частота колебаний ножа, с^{-1} ($n=30\omega/\pi$);

S - ход ножа, см.

Вопросы выходного контроля:

1. Назовите и охарактеризуйте принципы среза растений?

2. Типы режущих аппаратов подпорного резания, их конструктивные особенности, область применения?
3. Как регулируются сегментно-пальцевые режущие аппараты?
4. Понятие дезаксиала привода ножа?
5. Механизмы привода ножа и их конструктивные особенности?
6. Показать относительную, переносную и абсолютную траекторию точек лезвия?
7. Понятие площади подачи и площади нагрузки и формулы для их расчета? От чего зависят площади подачи и нагрузки?
8. Какие отгибы стеблей существуют при их срезе и факторы, влияющие на их величину?
9. Влияние центрирования ножа на скорости начала и конца резания?
10. Как влияет форма сегмента на скорость ножа?
11. Условия среза стебля без скольжения его по лезвию?
12. Факторы, влияющие на мощность, необходимую для привода ножа?

3 АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЗЕРНА ПРИ УБОРКЕ

Теоретическая часть

Каждая из операций технологического процесса уборки выполняется тем или иным рабочим или транспортирующим органом (элементом), который воздействует на хлебную массу или продукты ее обмолота. От операции к операции количество воздействий возрастает, что ведет к изменению свойств материала, т. е. хлебная масса обмолачивается и идет сепарация зерна.

Структурная схема технологического процесса работы зерноуборочных машин показана на рис. 17. Каждая из операций технологического процесса работы зерноуборочных машин может характеризоваться содержанием зерна:

необмолоченного X_i , свободного, идущего сходом Y_i ; выделяемого через сепарирующую поверхность Z_i .

При прохождении через комбайн хлебная масса обмолачивается на различных участках технологического процесса, хотя преимущественно это происходит в молотильном устройстве. В каждом конкретном случае обмолот осуществляется как за счет первого удара, так и за счет вытирания при последующем протаскивании массы.

Количество необмолоченного зерна после i - й операции:

$$X_i = X_{i-1} \cdot e^{-c_i \cdot v_i - \alpha_i \cdot l_i} \quad (45)$$

где: c_i — коэффициент, учитывающий обмолот хлебной массы за счет первого удара рабочего органа;

v_i — скорость удара рабочего органа по массе; □

α_i — коэффициент, характеризующий интенсивность обмолота хлебной массы в зоне действия рабочего органа;

l_i — длина зоны действия рабочего органа.

Если $l_i = 0$, то при данной операции хлебная масса обмолачивается только за счет единичного удара. Тогда

$$X_i = X_{i-1} \cdot e^{-c_i \cdot v_i} \quad (46)$$

Количество свободного зерна, содержащегося в ворохе после i -и операции,

$$Y_i = X_{i-1} (1 - e^{-c_i \cdot v_i - \alpha_i \cdot l_i}) \quad (47)$$

$$Y_i = [Y_{i-1} + X_{i-1} \cdot (1 - e^{-c_i \cdot v_i})] \cdot e^{-\mu_i \cdot L_i} \quad (49)$$

обмолот за счет удара по хлебной массе первой планкой и вытирания при ее протаскивании в молотильном устройстве с одновременной сепарацией зерна (молотильно-сепарирующие устройства любого типа):

$$Y_i = Y_{i-1} e^{-\mu_i L_i} + X_{i-1} \left(e^{-\mu_i L_i} + \frac{\mu_i e^{-c_i U_i - \mu_i L_i} - \alpha_i e^{-c_i v_i - \alpha_i L_i}}{\alpha_i - \mu_i} \right) \quad (50)$$

только сепарация с дополнительной подачей свободного зерна по всей длине сепарирующей поверхности (нижнее решето):

$$Y_i = Y' \cdot \frac{\mu_i}{\mu_3 - \mu_1} \cdot (e^{-\mu_1 \cdot L} - e^{-\mu_3 \cdot L}) \quad (51)$$

где: Y' — подача вороха на начало верхнего решета;
 L — длина сепарирующей поверхности;
 μ — коэффициент сепарации.

Количество зерна, прошедшего через сепарирующую поверхность, когда на рассматриваемом участке происходит только сепарация:

$$Z_i = Y_{i-1} \cdot (1 - e^{-\mu_i \cdot L_i}) \quad (52)$$

обмолот за счет единичного удара и последующая сепарация;

$$Z_i = [Y_{i-1} + X_{i-1} \cdot (1 - e^{-c_i \cdot v_i})] \cdot (1 - e^{-\mu_i \cdot L_i}) \quad (53)$$

обмолот за счет удара по хлебной массе первой планкой и вытирания при протаскивании массы в молотильном пространстве с одновременной сепарацией зерна:

$$Z_i = Y_{i-1} (1 - e^{-\mu_i L_i}) + X_{i-1} \left(1 - e^{-\mu_i L_i} + \frac{\mu_i e^{-c_i v_i - \mu_i L_i} - \alpha_i e^{-c_i v_i - \alpha_i L_i}}{\alpha_i - \mu_i} \right) \quad (54)$$

Коэффициенты c_i , α_i и μ_i зависят от физико-механических свойств обмолачиваемой массы, конструктивных и режимных параметров рабочих органов.

По формулам (45), (47) ... (51) можно определить сход необмолоченного и свободного зерна после i -й операции, а следовательно, рассчитать потери необмолоченным и свободным зерном в сходах с соломотряса и удлинителя верхнего решета очистки.

Приведенные математические модели показателей качества функционирования технологического процесса работы уборочных машин описывают совокупность всех выполняемых операций. Их анализ показывает, что полнота обмолота и сепарации зерна в молотилке комбайна имеет итерационный характер и зависит как от физико-механических свойств хлебной массы или продуктов обмолота, так и от конструктивных и режимных параметров рассматриваемого элемента системы и ему предшествующих, каждый из которых изменял состояние материала.

Практическая часть

Исходные данные. Значения коэффициентов c_i , α_i и μ_i , а также необходимых конструктивных и режимных параметров комбайна СК-5 “Нива” приведены в таблице 5.

Табл. 5

Исходные данные к анализу потерь зерна

Операция	l_i , м	L_i , м	V_i , м/с	$c_i \cdot 10^3$	α_i	μ_i
1	2	3	4	5	6	7
Подвод массы Мотовилом	0* – (1...5) 0,1* – (6...10) 0,2* – (11...15) 0,3* – (16...20) 0,4* – (21...25) 0,5* – (25...30)	0	1,14 – (1...5) 1,57 – (6...10) 2,0 – (11...15) 2,37 – (16...20) 2,64 – (21...25) 3,04 – (25...30)	1,15	0,011	0

продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
Подача массы шнеком	0– (1 ...5) 0,5– (6...10) 1,0–(11...15) 1,5–(16...20) 2,0–(21...25) 2,0–(25...30)	0	3,92	6,56	0	0
Подача массы наклонным транспортером	0– (1 ...5) 0,3– (6...10) 0,6–(11...15) 1,0–(16...20) 1,2–(21...25) 0–(25...30)	0– (1 ...5) 0,3– (6...10) 0,6–(11...15) 1,0–(16...20) 1,2–(21...25) 0–(25...30)	2,91– (1 ...5) 3,4– (6...10) 4,0–(11...15) 4,5–(16...20) 5,2–(21...25) 5,7–(25...30)	3,5	0,48	1,093
Подача массы приемным битером	0	0	7,48	1,75	0	0
Обмолот массы барабаном	0,76	0,76	12,56– (1 ...5) 17,48–(6...10) 22,3–(11...15) 27,5–(16...20) 33,2–(21...25) 40,7–(25...30)	35,4	4,476	2,933
Подача массы отбойным битером на соло мотряс	0	0	17,23	43,4	0	0
Сепарация вороха на соломотрясе	0	3,96	0	0	0	1,8
Очистка вороха на верхнем решете	0	1,14	0	0	3,1– (1 ...5) 3,4–(6...10) 3,7–(11...15) 4,0–(16...20) 4,3–(21...25) 4,6–(25...30)	0
Разделение вороха на удлинителе	0	0,25	0	0	4,7– (1 ...5) 5,0–(6...10) 5,3–(11...15) 5,6–(16...20) 6,0–(21...25) 6,2–(25...30)	0
Очистка вороха на нижнем решете	0	1,14	0	0	4,7– (1 ...5) 5,1–(6...10) 5,5–(11...15) 6,0–(16...20) 6,3–(21...25) 6,6–(25...30)	0

В скобках указаны номера вариантов.

* Степень воздействия мотовила на хлебостой.

l_i – длина зоны действия рабочего органа, L_i – длина сепарирующей поверхности, V_i – скорость удара рабочего органа по массе, c_i – коэффициент, учитывающий обмолот хлебной массы за счет первого удара рабочего органа, α_i – коэффициент, характеризующий интенсивность обмолота хлебной массы в зоне действия рабочего органа, μ_i – коэффициент сепарации.

Порядок выполнения работы

1. По формуле (45) вычислить содержание необмолоченного зерна после каждой операции в соответствии с заданным вариантом. Результаты расчетов занести в таблицу 6.

Табл. 6

Содержание зерна после i - й операции

Операция	Зерно		
	Необмолоченное X_i	свободное	
		идущее сходом Y_i	просыпающееся через сепарирующую поверхность Z_i

2. По формулам (47)...(54) определить сход свободного зерна к последующему рабочему органу после каждой операции и его сепарацию на рассматриваемом участке технологического процесса. Результаты расчетов занести в таблицу 6.

3. По результатам расчетов построить графики содержания необмолоченного и свободного зерна, сходящего к последующему рабочему органу после каждой операции.

4. По результатам расчетов определить потери необмолоченным и свободным зерном за соломотрясом или молотильно-сепарирующим устройством (для роторных комбайнов) и очисткой.

5. Выявить возможные способы снижения потерь зерна и дальнейшего совершенствования конструкции зерноуборочных комбайнов.

Вопросы выходного контроля:

1. Назовите марки современных отечественных зерноуборочных комбайнов?
2. От чего зависит пропускная способность зерноуборочного комбайна?
3. При каких условиях уборки выгоднее использовать однобарабанные или двухбарабанные комбайны?
4. Как влияет соломистость растительной массы на пропускную способность зерноуборочного комбайна?

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МОЛОТИЛОК ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Цель работы. Освоить методику расчета качественных и энергетических показателей работы молотилки зерноуборочного комбайна.

Содержание работы.

Заданием предусмотрено определить:

1. загрузку рабочих органов и молотилки в целом (q_z, q_c, q_{ϕ}, q);
2. потери зерна в соломе, полове и общие за молотилкой;
3. пропускную способность молотилки комбайна при уборке конкретной культуры;
4. параметры вентилятора для очистки комбайна;
5. мощность, необходимую для привода барабана (ротора) и других рабочих органов комбайна, а также для движения комбайна.

В процессе выполнения расчетов необходимо построить развертку штифтового поля барабана (ротора); графики изменения ускорения барабана (ротора) и общих потерь зерна за молотилкой в функции приведенной подачи, безразмерную количественную характеристику вентилятора-прототипа и график энергобаланса комбайна в функции урожайности зерна.

Исходные данные: ширина захвата жатки **B** (м), скорость движения комбайна **v** (м/с), урожайность зерна **Q** (т/га), отношение массы соломы к

Табл. 7

Исходные данные к расчету молотилок комбайнов

Номер варианта	Урожайность зерна пшеницы, т/га	отношение массы соломы к массе зерна	Ширина захвата жатки, м	скорость движения комбайна, м/с
1	2	1,8	5	1,7
2	3,5	1,7	5	1,6
3	3	2	6	1,5
4	2,5	1,5	5	1,8
5	4	1,4	6	1,6
6	4,5	1,2	7	1,7
7	3	1,1	6	1,8
8	2,8	1,6	4,1	1,5
9	3,5	1,3	6	1,5
10	5	1,2	6	1,3
11	5,5	1	7	1,8
12	3,2	1,4	7	1,4
13	4,5	1,2	5	1,3
14	5	1	6	1,7
15	6	0,93	8,3	1,6
16	5,3	0,95	7	1,2
17	3,7	1,2	4,1	1,7
18	2,8	1,6	4,1	1,8
19	4,2	1,3	6	1,4
20	2,5	2	6	1,6
21	3	1,5	5	1,4
22	3,5	1,3	5,6	1,2
23	4	1,1	6	1,8
24	4,5	1	6	1,9
25	5	1,1	8	1,5
26	5,5	0,95	8,6	1,7
27	6	0,85	8,6	1,8
28	3,2	1,3	7	1,4

29	3,5	1,2	7		1,4
30	2,7	1,7	5		1,4

массе зерна убираемой культуры $m_c : m_3$. Значения этих показателей по вариантам приведены в таблице 7.

Порядок расчета

1. Определить загрузку рабочих органов и молотилки в целом.

Подача зерна, кг/с,

$$q_3 = 0,1 \cdot Q \cdot B \cdot v \quad (55)$$

Подача соломы, кг/с,

$$q_c = q_3 \cdot \beta / (1 - \beta) \quad (56)$$

где $\beta = m_c / (m_3 + m_c)$ — коэффициент соломистости. Значение β находят по заданному в каждом варианте отношению $m_c : m_3$ в котором масса зерна принята за единицу.

Фактическая подача, кг/с,

$$q_{\text{ф}} = q_3 + q_c = q_3 / (1 - \beta) \quad (57)$$

или

$$q_{\text{ф}} = q_c / \beta$$

Приведенная подача, кг/с,

$$q = q_c / \beta_0 \quad (58)$$

или

$$q = q_3 \cdot \beta / [\beta_0 \cdot (1 - \beta)]$$

где $\beta_0 = 0,6$ — стандартное значение коэффициента соломистости, соответствующее отношению $m_c : m_3 = 1,5$.

По значению приведенной подачи необходимо выбрать подходящий зерноуборочный комбайн. Так, для $q < 6$ кг/с можно использовать СК-5М и “Енисей-1200”, $q < 9,5$ кг/с — “Дон-1500”, $q < 14$ кг/с - СК-10В и “Дон-2600ВД”.

2. Определить потери зерна недомолотом в соломе.

Для барабанно-дековых и аксиально-роторных молотильно-сепарирующих устройств (МСУ) с рабочими органами бильного типа потери зерна недомолотом в соломе, %, можно рассчитать по единой зависимости:

$$P_H = A \cdot e^{-b \cdot l} \quad (59)$$

где: $A = A_0 - K_A \cdot \Delta q$ — количество зерна, невымолоченного у первой планки деки (для аксиально-роторных МСУ — в заходной части), %;

A_0 — количество зерна, невымолоченного на входе в молотильное пространство МСУ при подаче $[q]$ %;

$b = b_0 - K_b \Delta q$ — коэффициент интенсивности вымолота зерна по длине молотильного (рабочего) пространства МСУ, m^{-1} ;

b_0 — коэффициент интенсивности вымолота при подаче $[q]$;

K_A, K_b — коэффициенты пропорциональности;

$\Delta q = q - [q]$ — приращение подачи;

q — приведенная подача массы в МСУ, кг/с;

$[q]$ — номинальная подача (пропускная способность), кг/с;

l — полная длина молотильного пространства МСУ, м: $l = l_D$ для бильных и штифтовых барабанно-дековых МСУ и $l = l_M + l_C$ для аксиально-роторных;

l_D — длина деки, м;

l_M и l_C — длины молотильной и сепарирующей зон аксиально-роторных МСУ, м.

Значения показателей для расчета потерь зерна недомолотом P_H и сепарации зерна S в МСУ различных комбайнов приведены в таблице 8.

Табл. 8

Исходные данные для расчета P_n и S

Марка комбайна	$A_0, \%$	$[q],$ кг/с	K_A	$l_M, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$b_0, \text{ м}^{-1}$	K_b	$\mu_{m0}, \text{ м}^{-1}$
СК-5М	23...28	5	2,5	---	0,78	5,3	0,9	2.. .2,2
“Дон- 1500”	28.. .32	8	2	---	0,92	4,8	0,4	1,8.. .1,95
СК-10В	8... 10	11	1	1,1	2,3	1,5	0,12	3,4.. .3,6
“Дон-2600ВД”	8...10	12	1	1,1	2,6	1,5	0,12	3,4.. .3,6

3. Определить сепарацию S зерна в пределах молотильного пространства.

Для различных модификаций и типов МСУ сепарация, %,

$$S = 100 \cdot (1 - e^{-\mu_{Mi} \cdot l_M}) \quad (60)$$

где μ_{Mi} — коэффициент сепарации зерна, м^{-1} ;

l_M — длина деки или молотильной части аксиально-роторных МСУ, м.

Коэффициент сепарации зависит от многих факторов, главным из которых является приведенная подача массы. В функции подачи зависимость имеет вид

$$\mu_{Mi} = \mu_{M0} \cdot [q]/q_i \quad (61)$$

где μ_{M0} — номинальное значение коэффициента сепарации, соответствующее пропускной способности $[q]$;

$[q]$ — пропускная способность МСУ или молотилки в целом, кг/с;

q_i — конкретная (реальная или расчетная) приведенная подача массы в комбайн (молотилку).

Значения l_M , μ_{mo} и $[q]$ для различных МСУ приведены в таблице 8.

4. Определить основные параметры штифтового барабана (ротора) и построить развертку штифтового поля.

Общее число штифтов на барабане определяют исходя из двух условий:

1) обеспечения допустимых потерь зерна недомолотом $[P_H] = 0,5\%$

$$Z = q/[q_0]_{ш} \quad (62)$$

где $[q_0]_{ш}$ - удельная допустимая подача массы на 1 штифт;

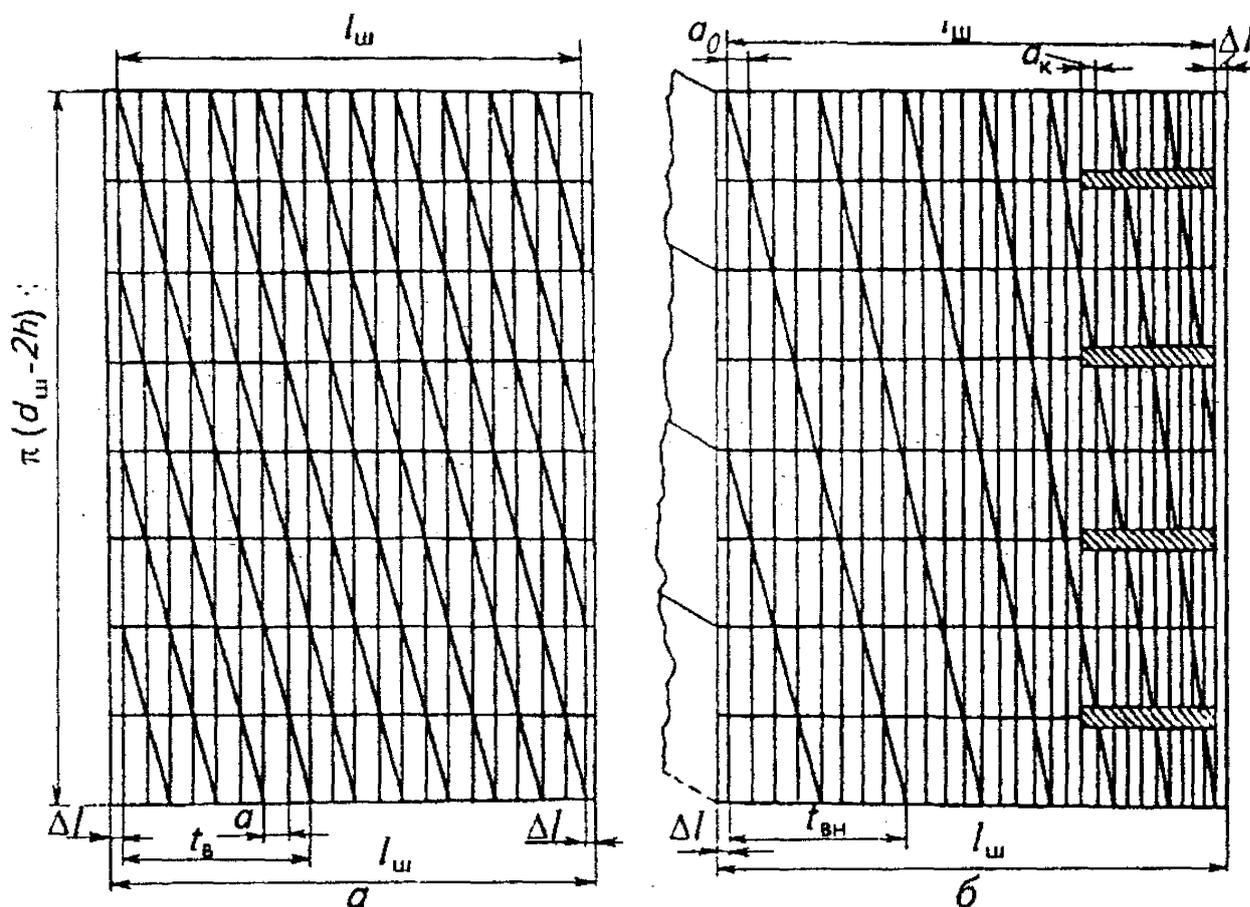


Рис. 18. Развертки штифтового поля барабана (а) и зубового поля молотильной части ротора (б)

2) размещения на конкретном барабане (роторе):

$$Z_{\phi} = k_{\text{В}} \cdot (l'_{\text{Ш}} / a + 1) \quad (63)$$

где $k_{\text{В}}$ — число заходов винтовой линии;

$l'_{\text{Ш}}$ — рабочая длина штифтового барабана, мм (рис. 18);

a — расстояние между следами штифтов на развертке, мм (для аксиально-роторных МСУ среднее расстояние $a_{\text{ср}}$).

Число заходов винтовой линии:

$$k_{\text{В}} = M / K \quad (64)$$

где: M — число планок барабана или гребенок ротора;

K — показатель кратности.

У штифтовых барабанов число планок обычно равно числу бичей бильных барабанов или превышает его в 1,25 раза, а у роторов гребенок в 2 раза больше. Показатель кратности для барабанов равен 2, роторов 4.

Рабочая длина барабана (ротора):

$$l'_{\text{Ш}} = l_{\text{Ш}} - 2 \cdot \Delta l \quad (65)$$

где: $l_{\text{Ш}}$ — полная длина штифтового барабана, равная длине бильного барабана;

l_{ϕ} классических МСУ или длине бильной молотильной части роторных;

Δl — расстояние от края развертки до первого ряда штифтов: 18...22 мм — для штифтовых барабанов; 5...10 мм — для аксиально-роторных устройств.

Длина окружности барабана по основанию штифтов (ротора — по основанию зубьев)

$$L = \pi \cdot (d_{\text{ш}} - 2 \cdot h) \quad (66)$$

где $d_{\text{ш}}$ — диаметр барабана (ротора) по крайним точкам штифтов (зубьев), мм;

h — высота штифтов (зубьев), мм.

Шаг винтовой линии $t_{\text{в}} = a \cdot M$

В аксиально-роторных МСУ расстояние между следами переменное. Его вычисляют по формуле:

$$a_{\text{pi}} = a_0 - (i - 1) \cdot \Delta a \quad (67)$$

где a_0 — начальное расстояние между следами, мм;

Δa — шаг убывания;

i — номер винта, т. е. ближайшее целое число, большее чем z_i / M (здесь z_i — порядковый номер штифта).

Среднее расстояние между следами

$$a_{\text{ср}} = (a_0 + a_1 + \dots + a_i) / i \quad (68)$$

В роторных рисоуборочных комбайнах **СК-10РВ** и “**Дон-2600ВДР**” в пределах молотильной зоны длиной 1100 мм размещено 5 полных винтов и два разреженных винта (6-й и 7-й). Начальное расстояние между следами

$a_0 = 47$ мм, шаг убывания $\Delta a = 3$ мм, конечное расстояние $a_k = 29$ мм и

$a_{\text{ср}} = 38$ мм. С целью повышения устойчивости рабочего процесса и снижения энергоемкости первые два винта оснащают острыми зубьями (толщина кромки зуба $\Delta < 0,1$ мм) уменьшенной высоты ($h_1 = 60$ мм — для **СК-10РВ** и “**Дон-2600ВДР**”). На остальной части МСУ устанавливают винты с неострыми зубьями ($\Delta = 1,5.. 2,5$ мм) увеличенной высоты ($h_2 = 68$ мм - для **СК-10РВ** и “**Дон-2600ВДР**”).

Образцы разверток штифтового поля барабана и зубового поля ротора представлены на рисунке 18.

5. Уточнить потери зерна недомолотом, %, за штифтовым (зубовым) аппаратом:

$$P_H = 0,5 \cdot q / [q_{III}] \quad (69)$$

где: $[q_{III}] = [q_0]_{ш} \cdot Z_{\Phi}$ — пропускная способность штифтового МСУ с учетом числа штифтов на развертке (зубьев);

$[q_0]_{ш}$ — удельная допустимая подача массы на один штифт (зуб), кг/с.

Основные данные для расчета параметров развертки и потерь зерна за штифтовым МСУ приведены в таблице 9.

Табл. 9

Справочные данные к расчету МСУ

Тип МСУ	$l_{ш},$ мм	$\Delta l,$ мм	$a,$ мм	$h,$ мм	$d_{ш},$ мм	$[q_0]_{ш},$ кг/с на 1 штифт	k_e	K	$\Delta,$ мм
Штифтовое классическое	l_{δ}	18...22	25...29	64... 70	d_{δ}	0,025... 0,045	3... 5	2	-
Зубовое аксиально-ротаторное	l_{δ}	5...10	$a_0=47;$ $\Delta a = 3$	60; 68	$d_{\delta}+$ $+42$ мм	0,18...0,22	2	4	1,5.. 2,5

6. Рассчитать мощность, требуемую для работы барабана (ротора).

Полная мощность, необходимая для работы барабана (ротора), кВт,

$$N = N_1 + N_2 \quad (70)$$

где: N_1 — мощность, требуемая для выполнения рабочего процесса, кВт;
 N_2 — мощность, необходимая на преодоление сопротивлений холостого хода барабана (ротора), кВт.

Первая составляющая мощности:

$$N_1 = 10^{-3} \cdot q \cdot u^2 / (1 - f) \quad (71)$$

где: q — приведенная подача, кг/с;
 u — окружная скорость бичей или штифтов (зубьев) м/с;
 f — коэффициент пропорциональности (протаскивания или перетиранья).

Вторая составляющая мощности:

$$N_2 = 10^{-3} \cdot (R \cdot u + K_w \cdot u^3) \quad (72)$$

где: $R=0,01R'm$ — сила трения в опорах барабана и боковых поверхностей барабана (ротора) о воздух, приведенная к крайней точке бичей или штифтов, Н;

R' — сила трения в расчете на 100 кг массы барабана (ротора), Н/кг (табл. 10);

m — масса барабана (ротора), кг;

$K_w = K'_w l$ — коэффициент, характеризующий вентиляторное сопротивление лобовых поверхностей барабана (ротора), Н·с²/м²;

K'_w — значение коэффициента в расчете на 1 м длины барабана или ротора, Н·с²/м³ (табл. 10);

l — длина барабана (ротора), м.

Табл. 10

Значения величин R' и K'_w для различных МСУ

Тип МСУ	R' , Н/кг	K'_w , Нс ² /м ³
Бильные:		
барабаны	0,85...0,9	0,065
роторы	0,85...0,9	0,06...0,07*
Штифтовые:		
барабаны	5...5,5	0,045
роторы**	2...2,5	0,045

* $K'_w = 0,06 \dots 0,065$ для роторов без лопастной заборной части; $K'_w = 0,065 \dots 0,07$ роторов с лопастной заборной частью.

**Только для зубовой молотильной части ротора длиной l_m .

7. Определить угловое ускорение барабана $d\omega/dt$ построить график $d\omega/dt = f(q)$.

Из основного уравнения работы барабана имеем:

$$\pm \frac{d\omega}{dt} = \frac{10^3}{I_{\text{пр}} \cdot \omega} \cdot [N'_{\text{дв}} - 10^{-3} (R \cdot u + K_w \cdot u^3 + \frac{q \cdot u^2}{1-f})]$$

где: $I_{\text{пр}}$ - момент инерции вращающихся масс комбайна, приведенный к валу барабана (ротора), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

ω - угловая скорость барабана, с^{-1} ;

$N'_{\text{дв}}$ - часть мощности двигателя, которую можно использовать на привод барабана, кВт.

При известной окружной скорости u бичей (планок, штифтов и т. п.) и диаметре d барабана (ротора) по крайним точкам угловая скорость барабана:

$$\omega = 2 \cdot u/d \tag{73}$$

Мощность, которую можно использовать для привода барабана, кВт.

$$N'_{\text{дв}} = N_{\text{дв}} - N_{\text{р.о}} - N_{\text{п}} \tag{74}$$

где: $N_{\text{дв}}$ - эксплуатационная мощность двигателя комбайна, кВт;

$N_{\text{р.о}}$ - мощность на привод всех рабочих органов комбайна за исключением барабана (ротора), кВт;

$N_{\text{п}}$ - мощность, необходимая для передвижения комбайна, кВт.

Значения $N_{\text{п}}$ вычисляются по выражению (83). Поскольку зависимость $d\omega/dt = f(q)$ - убывающая линейная функция и ее график - прямая линия, то для его построения достаточно иметь две точки (рис. 19): 1) при $q = 0$; 2) при заданной скорости v и расчетной подаче q .

Основные данные для расчета ускорения барабана (ротора) и мощности, требуемой для его привода, приведены соответственно в таблицах 11 и 13.

Табл. 11

Справочные данные для определения показателей

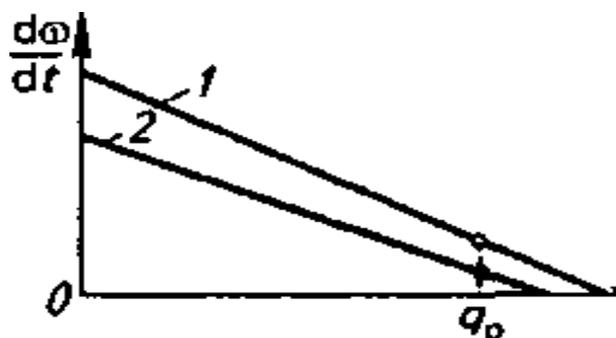


Рис. 19. Графики изменения углового ускорения барабанов (роторов):

работы МСУ на пшенице влажностью 14.. 16 %

Марка комбайна	u, м/с	d _б , мм	l _б , мм	f _б	f _ш	m, кг	I _{np} , кг-м ²
СК-5	32...34	600	1180	0,7.. 0,8	0,75...0,820	250	20
“Дон- 1500”	33.. 36	800	1480	0,7.. 0,8	0,75...0,82	370	30
СК-10В	35...42	770	3100	0,83.. 0,9	0,85.. 0,91	570	50
“Дон-2600ВД”	35.. 42	770	3350	0,83.. 0,9	0,85.. 0,91	530	48

8. Определить потери свободным зерном в соломе P_c за сепаратором грубого вороха.

Потери зерна, %:

$$P_c = a \cdot e^{-\mu_c \cdot l_c} \quad (75)$$

где **a = 100-S** - количество зерна, поступающего из МСУ на начало сепаратора, %;

μ_c — коэффициент сепарации зерна на сепараторе, м⁻¹;

l_c - длина сепаратора, м.

Для конкретной загрузки молотилки комбайна q_i коэффициент сепарации можно вычислить по формуле:

$$\mu_{ci} = \mu_{c0} \cdot [q]/q_i \quad (76)$$

где: $[q]$ и μ_{c0} --соответственно номинальная допустимая подача и номинальный коэффициент сепарации зерна для данного сепаратора.

Значения показателей, необходимых для определения потерь свободным зерном в соломе, приведены в таблице 12.

Табл. 12

Исходные данные для расчета P_c

Марка комбайна	l_c , м	$\mu_{c.0}$, м ⁻¹	$[q]$, кг/с
СК-5	3,62	1	5
“Дон- 1500”	4,1	0,85	8
СК-10В	1,2	1,5	11
“Дон-2600ВД”	1,5	1,4	12

9. Рассчитать загрузку очистки q_n и потери P_0 зерна за ней (в полове).

Потери зерна за очисткой существенно зависят от загрузки очистки соломистой фракцией мелкого вороха, выделенной через сепарирующие поверхности МСУ и сепаратора грубого вороха. Подачу соломистой фракции вороха (половы) на очистку, кг/с, можно определить по формуле:

$$q_n = q_3 \cdot \beta_B / (1 - \beta_B) \quad (77)$$

где $\beta_B = q_n / (q_3 + q_n)$ — содержание сорной примеси в мелком ворохе (засоренность).

Засоренность является функцией влажности соломы и режима работы как МСУ, так и сепаратора грубого вороха. Она тем ниже, чем больше

влажность и мягче режим работы МСУ (меньше число барабанов, ниже окружная скорость бичей или штифтов, больше молотильные зазоры). Максимальные значения β_B характерны для штифтовых и особенно аксиально-роторных МСУ при обработке массы низкой влажности ($W = 6...8 \%$). Для классических МСУ с бильным МСУ и клавишным соломотрясом $\beta_B = 0,2...0,4$; для аксиально-роторных — $0,25...0,5$.

При известной загрузке $q_{п}$ потери зерна за очисткой, %, рассчитывают по приближенной зависимости:

$$P_0 = 0,5 \cdot q_{п} / [q_p] \quad (78)$$

где $[q_p]$ — допустимая загрузка верхнего решета очистки, при которой потери зерна в полове $[P_0] = 0,5 \%$ удовлетворяют агротехническим требованиям.

Допустимую загрузку решета, кг/с, определяют из выражения

$$[q_p] = [q_{оп}] \cdot F_{B.P} \quad (79)$$

где $[q_{оп}] = 0,5...1,2$ кг/с — подача соломистой фракции вороха на 1 м^2 поверхности решета, т.е. удельная допустимая загрузка (меньшие значения относятся к уборке хлебов высокой влажности, большие - низкой влажности);

$F_{B.P}$ - площадь верхнего решета вместе с удлинителем, м^2 : СК-5 - 1,40; “Дон-1500” — 2,1; СК-10В -24; “Дон-2600ВД” — 2,6.

10. Подсчитать суммарные (общие) потери зерна за молотилкой, %, по формуле:

$$P_{\Sigma M} = P_H + P_C + P_O \quad (80)$$

Сравнить полученные значения потерь зерна с допустимыми и предложить необходимую корректировку режима работы комбайна.

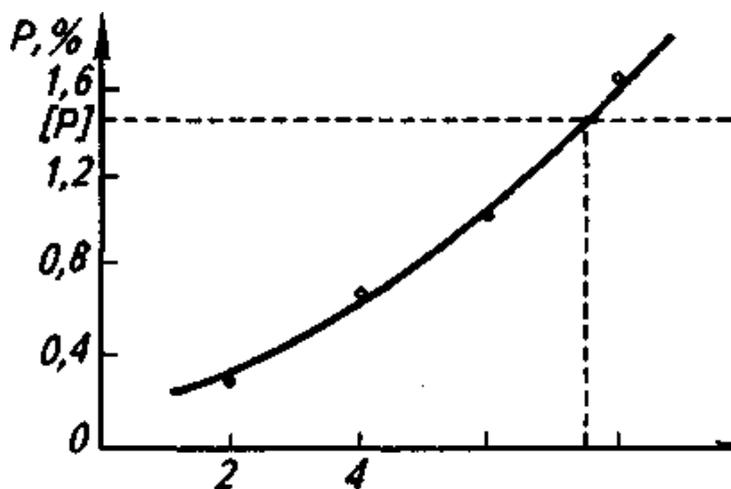


Рис. 20. Зависимость суммарных потерь зерна за молотилкой комбайна от подачи массы

По дополнительному заданию преподавателя потери зерна за молотилкой рассчитать при 4...5 различных приведенных подачах от $q_{\min}=0,5$ [q] и $q_{\max}=1,2$ [q]. Построить графическую зависимость $P_{\Sigma} = f(q)$ (рис. 20) и определить расчетную пропускную способность молотилки выбранного комбайна (при допустимых потерях зерна 1,5%).

11. Рассчитать показатели и построить графики энергобаланса зерноуборочного комбайна.

Для устойчивой работы комбайна необходимо постоянное выполнение условия

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\text{агр}} \quad (81)$$

где: $N_{\text{дв}}$ — эксплуатационная мощность двигателя, кВт;

$N_{\text{агр}}$ — общая мощность, требуемая для работы комбайна, кВт.

Общая мощность, необходимая для работы комбайна, состоит из мощностей на привод барабана (ротора) N и остальных рабочих органов $N_{p.o.}$, а также на движение комбайна (агрегата) N_{Π} т.е

$$N_{\text{АГР}} = N + N_{p.o.} + N_{\Pi} \quad (82)$$

Комбайн должен работать с подачей, равной пропускной способности $[q]$, а следовательно, с допустимыми по агротехническим требованиям потерями зерна $[P_{\Sigma M}] = 1,5\%$. Поэтому все составляющие мощности $N_{\text{агр}}$ определяют для $q = [q] = \text{const}$.

Мощности N и $N_{p.o.}$ на привод барабана (ротора) и остальных рабочих органов будут постоянными во всем диапазоне изменения урожайности ($Q = 1...6$ т/га). Значение N рассчитывают по формуле (70), а $N_{p.o.}$ выбирают по экспериментальным данным, указанным в таблице 13.

Табл.13

Справочные данные для расчета $N_{\text{АГР}}$

Марка комбайна	$N_{\text{ДВ}}$, кВт	$m_{\Sigma T}$	Δm , т	P_0 , Н/т	$\eta_{\text{тр}}$	$N_{p.o.}$, кВт		V_6 , м ³
						с копнителем	с измельчителем	
СК-5	88,2	8	2,2...2,7	1200...2000	0,83...0,88	10...12,5	24...27	3
Енисей-1200	102,9	8,7	3,1...3,7	1200...2000	0,83...0,88	13...15,5	27...30	4,5
“Дон-1500”	162	13,4	4,2...5,2	900...1600	0,7.0,85	18...22	37...45	6
СК-10В	186	14,66	3,9...4,9	900...1600	0,7.0,85	35...40	55...60	6
“Дон-2600ВД”	206	14,84	4,2...5,2	900...1600	0,7...0,85	32...37	55...60	6

Мощность, необходимая для движения комбайна, кВт,

$$N_{\Pi} = 10^{-3} \cdot P \cdot v / (\eta_{\text{тр}} \cdot \eta_6) \quad (83)$$

где: $P = P_0 \cdot m_k \pm G_k \cdot \sin \alpha$ - сопротивление комбайна перекачиванию, Н ;

P_0 – удельное сопротивление комбайна перекачиванию, Н/т;

m_k - масса комбайна, т;

$G_k = 1000 \cdot m_k \cdot g$ - сила тяжести комбайна, Н;

α - уклон поля, град;

$\eta_{тр}$ --- КПД трансмиссии ходовой части комбайна;

$\eta_6 = 0,95...0,98$ – коэффициент буксования.

Масса комбайна, т, используемая в расчетах энергобаланса:

$$m_k = m_{\ominus} + \Delta m \quad (84)$$

Скорость движения комбайна, м/с, необходимая для его работы на разных по урожайности фонах с приведенной подачей, равной пропускной способности ($q = [q]$):

$$v = \frac{[q] \cdot \beta_0 \cdot (1 - \beta)}{0,01 \cdot Q \cdot B \cdot \beta} \quad (85)$$

где $\beta_0 = 0,6$ - стандартный коэффициент солоmistости.

Основные данные для расчетов составляющих энергобаланса приведены в таблице 13 .

При комплектации комбайнов измельчителями и сборе всей или части незерновой фракции (половы) в прицепную тележку типа 2ПТС-4-887, объем кузова который 45 м^3 , массу комбайна определяют по формуле:

$$m'_k = m_{\ominus} + \Delta m' \quad (86)$$

где $\Delta m' = V_6 \cdot \rho_3$ - масса зерна в бункере комбайна, т ;

V_6 – объем бункера, м^3 ;

ρ_3 – плотность зерна т/ м^3 .

Мощность требуемая для движения агрегата (комбайн + тележка), кВт:

$$N'_{\Pi} = \frac{(P' + P'') \cdot [v]}{\eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{б}}} \cdot 10^{-3} \quad (87)$$

где: $P' = P_0 \cdot m'_k \pm G_k \cdot \sin \alpha$ и $P'' = P''_{\text{оп}} \cdot m_{\Pi} \pm G_{\Pi} \cdot \sin \alpha$ — сопротивление перекачиванию комбайна и прицепа;

$P''_{\text{оп}}$ - удельное сопротивление перекачиванию прицепа Н/т ;
 m_{Π} - масса прицепа, заполненного измельченной незерновой частью урожая, т;

G_{Π} - сила тяжести прицепа, Н.

Масса заполненного прицепа 2ПТС-4-887 варьирует от 5,5 до 6т. Удельное сопротивление перекачиванию прицепа из-за более высокого, чем в ходовой части комбайнов, давления в шинах и меньшего диаметра колес составляет 1400...2100 Н/т.

Значения N_{Π} или N'_{Π} подсчитывают для следующего ряда урожайности: **1, 2, 3, 4, 5, и 6 т/га**. В их числе должна быть и урожайность, указанная в выполняемом варианте задания .

По полученным данным строят графики N , $N_{\text{р.о}}$, $N_{\Pi}(N'_{\Pi})$ и $N_{\text{дв}}$ в зависимости от урожайности Q (рис.21). С целью упрощения построения графики изменения мощностей N , $N_{\text{р.о}}$, N_{Π} от урожайности начинают строить каждый раз не от оси X (точки 0), а от линии ранее нанесенного графика составляющей, т.е. сразу выполняют последовательное суммирование.

Вертикальная линия, проходящая через точку пересечения прямой линии $N_{\text{дв}}$ и кривой $N_{\text{агр}} = f(Q)$ делит все фоны по урожайности на две зоны: **I** и **II**. По условиям энергобаланса необходимо сделать вывод о значениях приведенных подач q_1 и q_2 которыми может и должен работать комбайн в зонах **I** и **II**.

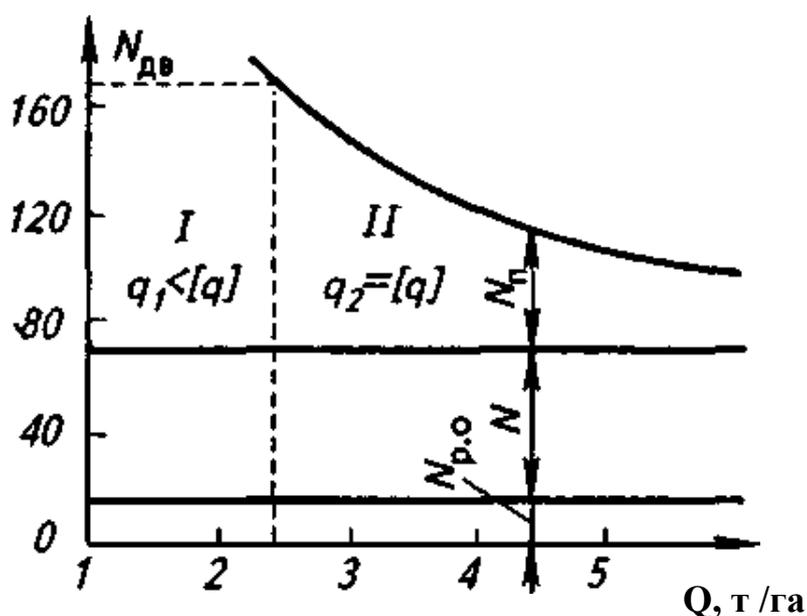


Рис. 21. График энергобалланса зерноуборочного комбайна

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХВАЛЬНОГО КЛАВИШНОГО СОЛОМОТРСА

Теоретическая часть

Соломотрясы предназначены для выделения из соломы мелкого вороха (зерно, солома и др.), поступающего из молотильного аппарата, направления его на очистку и для вывода соломы из молотилки.

В существующих зерноуборочных комбайнах наибольшее применение находят клавишные соломотрясы. Они обычно бывают двухвальные, все точки их клавиш совершают движение по окружности. Могут иметь четыре-шесть клавиш. Круговое поступательное движение каждой клавиши или группы клавиш смещено относительно других. Кинематику клавиш характеризует кинематический режим:

$$k = \frac{\omega^2 r}{g} \quad (88)$$

где: ω - угловая скорость коленчатого вала соломотряса, c^{-1} ;
 r - радиус колена вала, м;
 g - ускорение свободного падения, m/c^2 .

Увеличение скорости вращения вала ω приводит к возрастанию скорости перемещения соломы по соломотрясу. Экспериментально установлено, что от показателя k кинематического режима работы соломотряса во многом зависит качественный показатель выделения зерна из грубого вороха. Для четырехклавишных соломотрясов рекомендуется принимать $k=2,2...2,6$ и пятиклавишных $k=1,1...1,5$. При этих режимах грубый ворох подбрасывается клавишами и перетряхивается, что способствует более интенсивному выделению зерна из вороха. Фаза отрыва соломы от соломотряса определяется из выражения:

$$\sin \omega t_0 = \frac{\cos \alpha}{k} C \quad (89)$$

где: $C=1,2...1,8$ - коэффициент, учитывающий запаздывание подбрасывания вороха.

Коэффициент C возрастает с увеличением показателя режима k . Расчет длины соломотряса производится исходя из допустимых им потерь зерна в виде схода его вместе с соломой. Сход зерна с соломотряса (потери) определяется уравнением:

$$q_{\Pi} = q_c e^{-\mu L} \quad (90)$$

где: q_{Π} - сход зерна, $кг/с$;
 q_c - количество зерна, поступающего в соломотряс, $кг/с$;
 e - основание натурального логарифма;
 L - длина соломотряса, м;
 μ - коэффициент сепарации.

Решая уравнение (90) относительно μ и после соответствующих подстановок, получаем уравнение для расчета длины соломотряса:

$$L = \frac{1}{\mu} \ln \frac{(1 - \varepsilon)100}{p} \quad (91)$$

где: ε - коэффициент сепарации зерна декой;
 p - процент допустимых потерь соломотрясом ($p=0,25\%$) грубого вороха;
 α - угол наклона клавиш к горизонту.

Практическая часть

1. Содержание работы:

- 1) определить ширину соломотряса;
- 2) определить скорость вращения коленчатого вала и фазу подбрасывания соломы клавишами;
- 3) построить траекторию свободного полета соломы после ее подбрасывания, определить перемещение соломы за одно подбрасывание и скорость ее перемещения по поверхности клавиш;
- 4) определить длину соломотряса.

2. Оборудование и инструменты. Счетная машинка, бумага формата А3, линейка, циркуль, карандаш.

3. Исходные данные. Исходные данные приведены в табл.14.

Табл. 14

Исходные данные

Номер варианта	Число клавиш	q_c , кг/с	δ	ε	γ	r , м	k	L_6 , м	α град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	5,0	0,35	0,85	20	0,055	2,3	1,2	5,0
2	4	5,5	0,35	0,90	20	0,055	2,4	1,2	6,0
3	4	6,0	0,35	0,80	20	0,050	2,2	1,2	8,0
4	4	6,5	0,35	0,90	20	0,055	2,5	1,2	7,0
5	4	7,0	0,35	0,80	20	0,050	2,6	1,2	6,0
6	5	6,0	0,3	0,85	20	0,055	1,5	1,5	5,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7	5	6,5	0,3	0,80	20	0,056	1,4	1,5	6,0
8	5	7,0	0,3	0,85	20	0,055	1,5	1,5	5,0
9	5	7,5	0,3	0,90	20	0,050	1,45	1,5	6,0
10	5	8,0	0,3	0,85	20	0,055	1,5	1,5	5,5
11	4	5,5	0,32	0,85	21	0,052	2,3	1,3	5,0
12	4	6,0	0,32	0,88	21	0,055	2,4	1,3	5,0
13	4	5,0	0,32	0,80	21	0,054	2,6	1,3	6,0
14	4	6,0	0,32	0,86	21	0,055	2,5	1,3	6,0
15	4	6,3	0,32	0,80	21	0,050	2,4	1,3	7,0
16	5	8,0	0,35	0,90	18	0,050	1,5	1,4	6,0
17	5	7,5	0,35	0,80	18	0,055	1,45	1,4	5,5
18	5	8,0	0,35	0,85	18	0,054	1,5	1,4	5,5
19	5	7,5	0,35	0,90	18	0,053	1,45	1,4	5,0
20	5	7,5	0,35	0,80	18	0,052	1,44	1,4	6,0
21	4	5,5	0,30	0,85	20	0,055	2,3	1,25	5,0
22	4	6,0	0,30	0,90	20	0,055	2,35	1,25	6,0
23	4	6,5	0,30	0,85	20	0,050	2,45	1,25	5,5
24	4	7,0	0,30	0,90	20	0,050	2,50	1,25	6,0
25	4	6,5	0,30	0,94	20	0,055	2,60	1,25	5,5
26	5	8,0	0,35	0,90	18	0,050	1,5	1,4	6,0
27	5	7,5	0,35	0,80	18	0,055	1,45	1,4	5,5
28	5	8,0	0,35	0,85	18	0,054	1,5	1,4	5,5
29	5	7,5	0,35	0,90	18	0,053	1,45	1,4	5,0
30	5	7,5	0,35	0,80	18	0,052	1,44	1,4	6,0

q_c – секундная подача хлебной массы, δ – содержание зерна в хлебной массе, ε – коэффициент сепарации зерна через деку, γ – плотность, r – радиус коленвала соломотряса, k – показатель кинематического режима, L_6 – длина барабана, α – угол наклона клавиш к горизонту.

4. Порядок выполнения работы.

- 1) определить скорость ω вращения коленвала по формуле (88);
- 2) вычислить фазовый угол ωt_0 по формуле (89);
- 3) определить перемещение S соломы за одно подбрасывание.

Для построения траектории полета соломы откладываем угол ωt_0 (рис.22) и находим точку A её отрыва. Начало координат располагаем в точке A . Оторвавшись от клавиш, солома, если пренебречь сопротивлением воздуха, будет совершать свободный полет. Начальные условия полета:

$$\begin{aligned} V_{x_0} &= \omega r \sin \omega t_0 \\ V_{y_0} &= \omega r \cos \omega t_0 \end{aligned} \quad (92)$$

Проекция ускорений на оси x и y :

$$a_x = -g \sin \alpha; \quad a_y = -g \cos \alpha$$

Уравнение движения соломы:

$$\begin{aligned} x &= \omega r \sin(\omega t_0) t - \frac{gt^2}{2} \sin \alpha \\ y &= \omega r \cos(\omega t_0) t - \frac{gt^2}{2} \cos \alpha \end{aligned} \quad (93)$$

Путь, пройденный соломой за один оборот вала, определяется графически путем построения траектории ее полета. Для построения точек **1,2,3** и т.д. траектории необходимо задаться значениями времени t с интервалами $t=0,03...0,04$ с и произвести расчет по уравнениям (92), (93) и результаты занести в табл. 15.

На графике откладываются точки **1,2,3** и т.д. и по ним строится траектория. На окружности, как и на траектории полета частицы, точками **1',2',3'** и т.д. отмечают положение точки **A** отрыва частицы через интервалы времени Δt , $2\Delta t$, и т.д. Для того чтобы установить положение этих точек, необходимо определить угол $\varphi_1 = \omega \Delta t (180/\pi)$ и по нему отложить на окружности точку **1'** и далее засечками циркуля отметить точки **2',3'** и т.д. Встреча частицы с клавишами произойдет тогда, когда одноименные точки траектории и окружности будут находиться на одной ординате. Из предполагаемой точки встречи необходимо провести линию, параллельную оси **OX**. Если вторая одноименная точка отклонена от этой линии, то момент встречи можно уточнить путем интерполяции.

Табл.15

Расчетные уравнения	$t_1=\Delta t$	$t_2=2\Delta t$	$t_3=3\Delta t$	$t_4=4\Delta t$
$\omega r \sin(\omega t_0)t$				
$-\frac{gt^2}{2} \sin \alpha$				
X				
$\omega r \cos(\omega t_0)t$				
$-\frac{gt^2}{2} \cos \alpha$				
Y				

Расстояние **S** между одноименными точками (на рис.22) (точки **11** Δt и **11**) в масштабе представляет дальность перемещения соломы за одно подбрасывание.

При пятиклавишном соломотрясе две группы клавиш расположены на коленчатом валу через 180° . Солома подбрасывается одной группой клавиш (двумя-тремя), а падает на вторую. Поэтому после того, как клавиши пройдут ось коленчатого вала, начинается отсчет времени для второй поднимающей группы (рис.23).

4) определить среднюю скорость перемещения соломы по соломотрясу:

$$V_{\text{ср}} = S \frac{\omega}{2\pi} \quad (94)$$

5) определить ширину соломотряса:

$$B = 1,1L_{\sigma} \quad (95)$$

6) определить толщину слоя соломы на соломотрясе:

$$h = \frac{q_c(1-\delta)}{Bv_{cp}\gamma} \quad (96)$$

7) определить коэффициент сепарации:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{h_0}{h} \right)^m \quad (97)$$

где: $m=0,8...1,2$ большие значения относятся к тяжелым условиям, меньшие - к легким.

Опытным путем установлено, что коэффициент сепарации для клавишных соломотрясов при толщине слоя соломы $h_0=200$ мм равен $\mu_0=0,018$

8) определить длину соломотряса по формуле (91) и сделать выводы по работоспособности устройства.

Вопросы выходного контроля.

1. Сущность рабочего процесса соломотряса.
2. Понятие коэффициента сепарации.
3. Понятие показателя кинематического режима соломотряса.
4. Какие по типу могут быть соломотрясы конструктивно?
5. От чего зависят потери свободным зерном за сломотрясом?
6. Как влияет толщина слоя грубого вороха на процесс выделения зерна?
7. Почему частота вращения коленчатых валов соломотрясов выбирается равной $195...200 \text{ мин}^{-1}$?
8. На что влияет залипание решетки клавиш соломотряса?

9. Объяснить влияние установки фартуков над соломотрясом на показатели его работы?

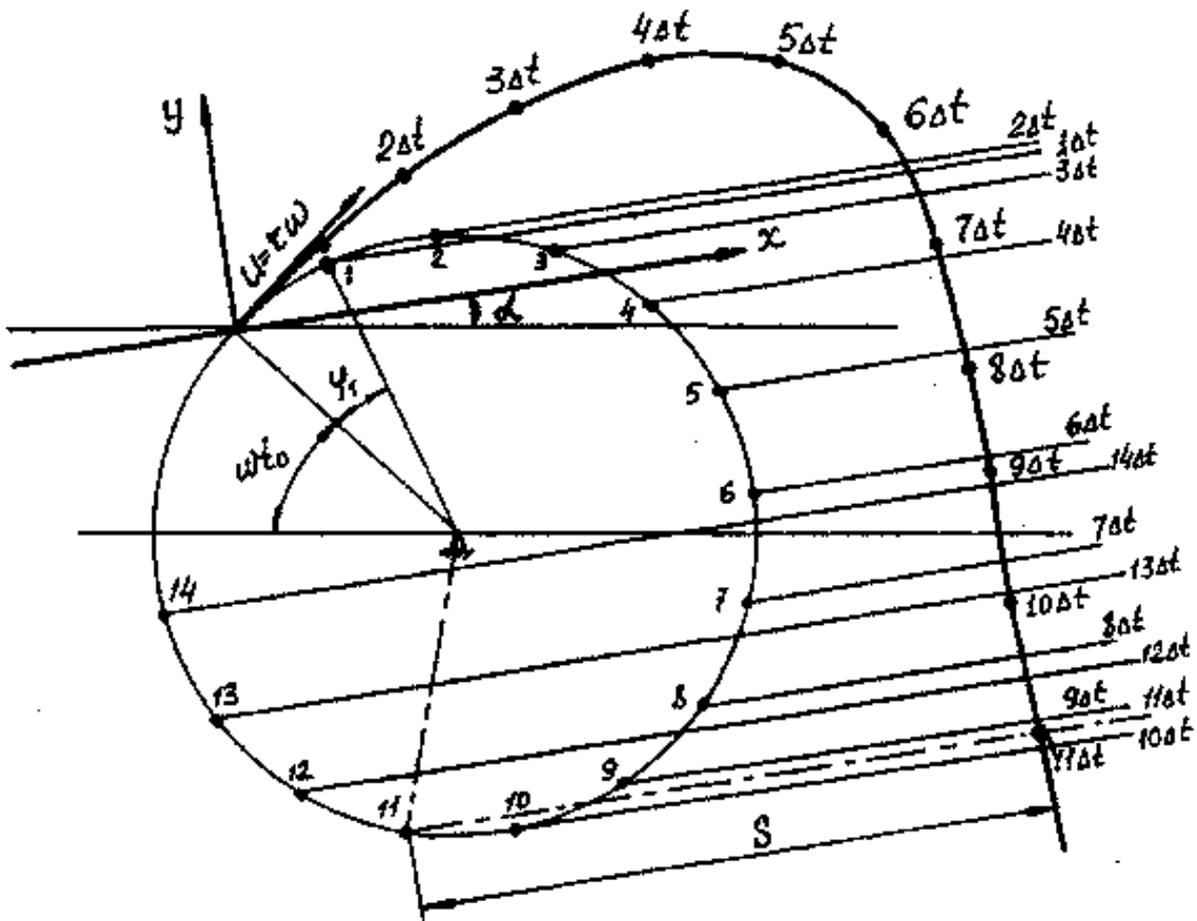


Рис. 22. ОпределениЕ дальности полета соломы для четырехклавишного соломотряса.

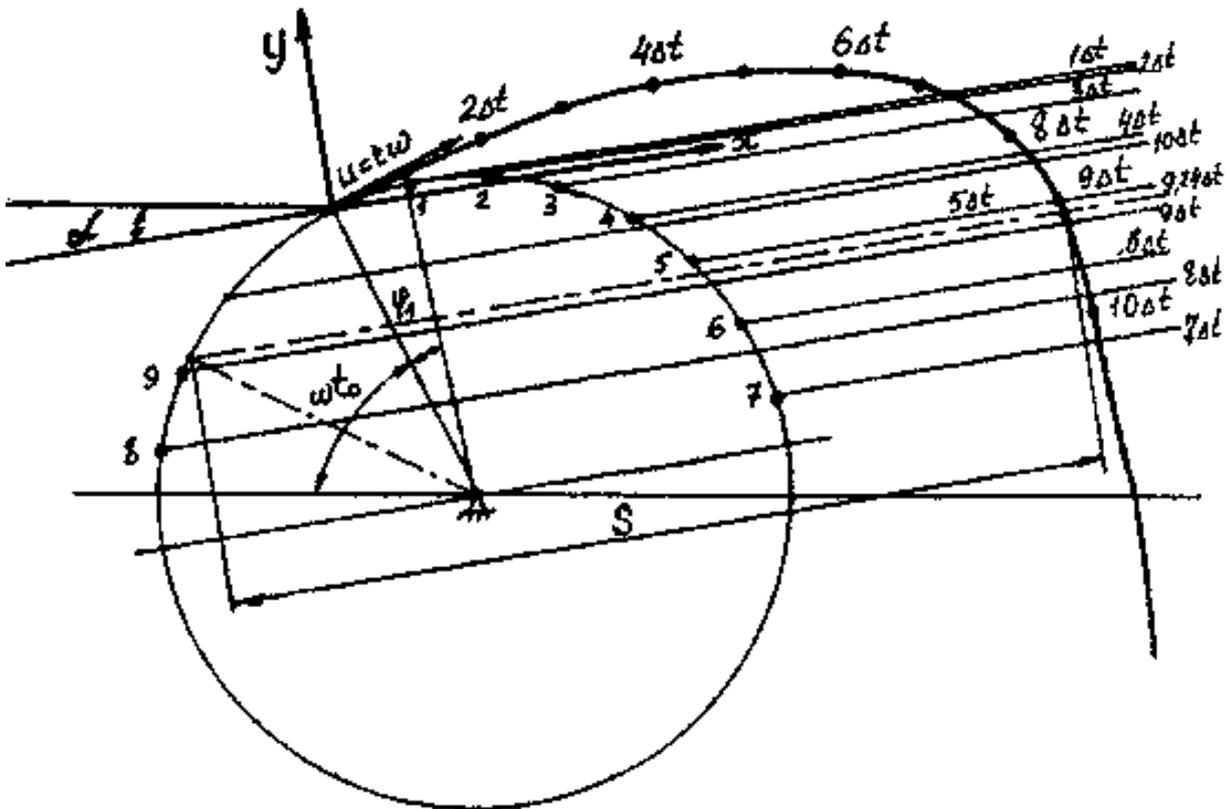


Рис. 23. Определению дальности полета соломы для пятиклавишного соломотряса.

5 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ КОМБАЙНА

1. Содержание работы.

Определить основные параметры очистки с вентилятором. На основании полученных данных построить график скорости и ускорения грохота, движения вороха на грохоте, вычертить схему вентилятора.

2. Оборудование и инструмент.

Чертежный инструмент, вычислительная машинка, бумага миллиметровая формата А3, рабочая тетрадь.

3. Исходные данные.

Исходные данные представлены в табл.16.

4. Порядок выполнения работы:

1) определить подачу вороха на грохот (кг/с):

$$q_{\Gamma} = [1 - (1 - \delta)k - 0,01\Pi\delta]q_{\text{ХМ}} \quad (98)$$

где: k - коэффициент, характеризующий работу молотильно-сепарирующего устройства, определяемый опытным путем. Для комбайна СК-5 при влажности зерна менее 10% $k=0,6...0,7$; при влажности 10...15% $k=0,7...0,8$; а при влажности выше 15% $k=0,8...0,9$. Для комбайна "Енисей-1200" при влажности зерна менее 10% $k=0,4...0,5$; при влажности 10...15% $k=0,5...0,65$; а при влажности выше 15% $k=0,65...0,8$ (влажность и марку комбайна взять в табл. 6.1);

δ - содержание зерна в массе, доли единицы;

Π - допустимые потери свободным зерном в соломе, %;

$q_{\text{ХМ}}$ - массовая подача хлебной массы в молотилку, кг/с.

$$q_{\text{ХМ}} = \frac{0,01Y_3 V_M B}{\delta} \quad (99)$$

где: Y_3 - урожайность зерна, ц/га;

V_M - скорость комбайна, м/с;

B - ширина захвата жатки, м.

Исходные данные

Номер варианта	W, %	φ_1 , град	φ_2 , град	φ_3 , град	r_1 , м	α_r , град	П, %	δ	V_m , м/с	U_3 , ц/га	B, м
1	17	20	40	30	0,050	7	0,70	0,34	1,3	14	10
2	25	26	42	30	0,045	6	0,75	0,33	0,85	15	10
3	16	24	43	35	0,040	5	0,80	0,32	0,80	16	6
4	26	26	44	35	0,045	4	0,85	0,31	1,20	17	10
5	19	28	46	35	0,040	3	0,90	0,30	1,80	18	6
6	13	20	48	30	0,045	3	0,95	0,36	1,75	19	10
7	21	22	49	30	0,050	3	0,80	0,41	0,95	20	7
8	15	24	50	35	0,050	7	0,85	0,42	0,75	21	6
9	11	26	52	30	0,055	6	0,70	0,43	1,60	22	7
10	20	28	54	30	0,050	5	0,75	0,44	1,65	23	6
11	12	25	53	35	0,045	4	0,80	0,35	0,90	24	7
12	10	27	55	30	0,040	3	0,70	0,37	1,45	25	5
13	14	29	51	35	0,045	4	0,75	0,39	0,95	26	5
14	17	30	45	35	0,050	3	0,80	0,34	1,60	27	6
15	25	21	41	30	0,040	7	0,85	0,36	1,85	28	10
16	16	23	42	30	0,045	6	0,90	0,34	1,45	29	10
17	26	55	44	30	0,050	5	0,95	0,33	1,40	30	10
18	19	20	45	30	0,055	4	0,80	0,32	1,30	14	6
19	13	19	44	35	0,050	3	0,85	0,31	0,85	15	10
20	21	21	47	35	0,045	3	0,70	0,30	0,80	16	6
21	15	23	49	35	0,040	3	0,75	0,36	1,20	17	10
22	11	25	51	30	0,045	7	0,80	0,41	1,80	18	7
23	20	27	53	35	0,050	6	0,80	0,42	1,75	19	6
24	12	30	55	35	0,040	5	0,70	0,43	0,95	20	7
25	10	26	40	30	0,050	4	0,75	0,44	0,75	21	6
26	14	24	42	35	0,055	3	0,80	0,35	1,60	22	7
27	18	20	44	35	0,050	4	0,85	0,37	1,65	23	5
28	22	22	46	30	0,045	3	0,90	0,39	0,90	24	5
29	20	24	48	35	0,040	4	0,95	0,34	1,45	25	6
30	23	26	50	30	0,045	3	0,80	0,36	1,40	26	10

Для вариантов **1 ... 15** марка комбайна **СК-5**, для вариантов **16 ... 30** марка комбайна **Енисей-1200**; φ_1 - угол трения материала о грохот с воздушным потоком по потоку, φ_2 - угол трения материала о грохот с воздушным потоком против потока, φ_3 - угол трения материала о грохот без воздушного потока, r_1 – радиус кривошипа грохота, α_r – угол наклона грохота к горизонту, П – допустимые потери свободным зерном в соломе, δ –

содержание зерна в хлебной массе. доли единицы, V_m – скорость комбайна, Y_3 - урожайность зерна, B – ширина захвата жатки.

2) определить критические частоты вращения кривошипа грохота

при отсутствии воздушного потока:

а) частота вращения кривошипа, при которой ворох по грохоту не скользит (мин⁻¹):

$$n_1 \leq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r_\Gamma} \operatorname{tg}(\varphi - \alpha_\Gamma)} \quad (100)$$

б) частота вращения кривошипа, при которой ворох начинает скользить по грохоту вверх и вниз (мин⁻¹):

$$n_2 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r_\Gamma} \operatorname{tg}(\varphi + \alpha_\Gamma)} \quad (101)$$

в) частота вращения кривошипа, при которой происходит отрыв материала от поверхности грохота (мин⁻¹):

$$n_3 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r_\Gamma \operatorname{tg} \alpha_\Gamma}} \quad (102)$$

3) определить рабочую частоту вращения колебательного вала грохота (мин⁻¹):

$$n_\Gamma = \frac{n_1 + n_2 + 2n_3}{4} \quad (103)$$

4) определить угловую скорость вращения кривошипа грохота (с⁻¹):

$$\omega_\Gamma = \frac{\pi n_\Gamma}{30} \quad (104)$$

5) рассчитать скорость V_r (м/с) и ускорение j_r (м/с²) грохота через 30° угла поворота кривошипа по выражениям:

$$V_r = r_r \omega_r \sin \omega t \quad (105)$$

$$j_r = r_r \omega_r^2 \cos \omega t \quad (106)$$

б) определить ускорение, при котором начинается скольжение материала по грохоту при наличии воздушного потока:

а) скольжение вниз (м/с²):

$$j_1 = g \operatorname{tg}(\varphi_1 - \alpha_r) \quad (107)$$

б) скольжение вверх (м/с²):

$$j_2 = g \operatorname{tg}(\varphi_2 + \alpha_r) \quad (108)$$

7) определить время одного оборота кривошипа (с⁻¹):

$$t_r = \frac{60}{n_r} \quad (109)$$

8) построить графики скорости и ускорения грохота (рис.24) на миллиметровой бумаге в произвольном масштабе. Рассчитать численное значение масштабов скорости и ускорения:

а) масштаб скорости μ_v определяется в (м/с)/м делением максимального значения скорости (м/с) грохота на величину отрезка **od** (м);

б) масштаб ускорения μ_j определяется в (м/с²)/м делением максимального значения ускорения (м/с²) на величину отрезка **oe** (м);

9) определить масштаб времени (с/м):

$$\mu_t = \frac{t_r}{X} \quad (110)$$

где: x - расстояние (м), которое соответствует одному обороту кривошипа (берется с графика);

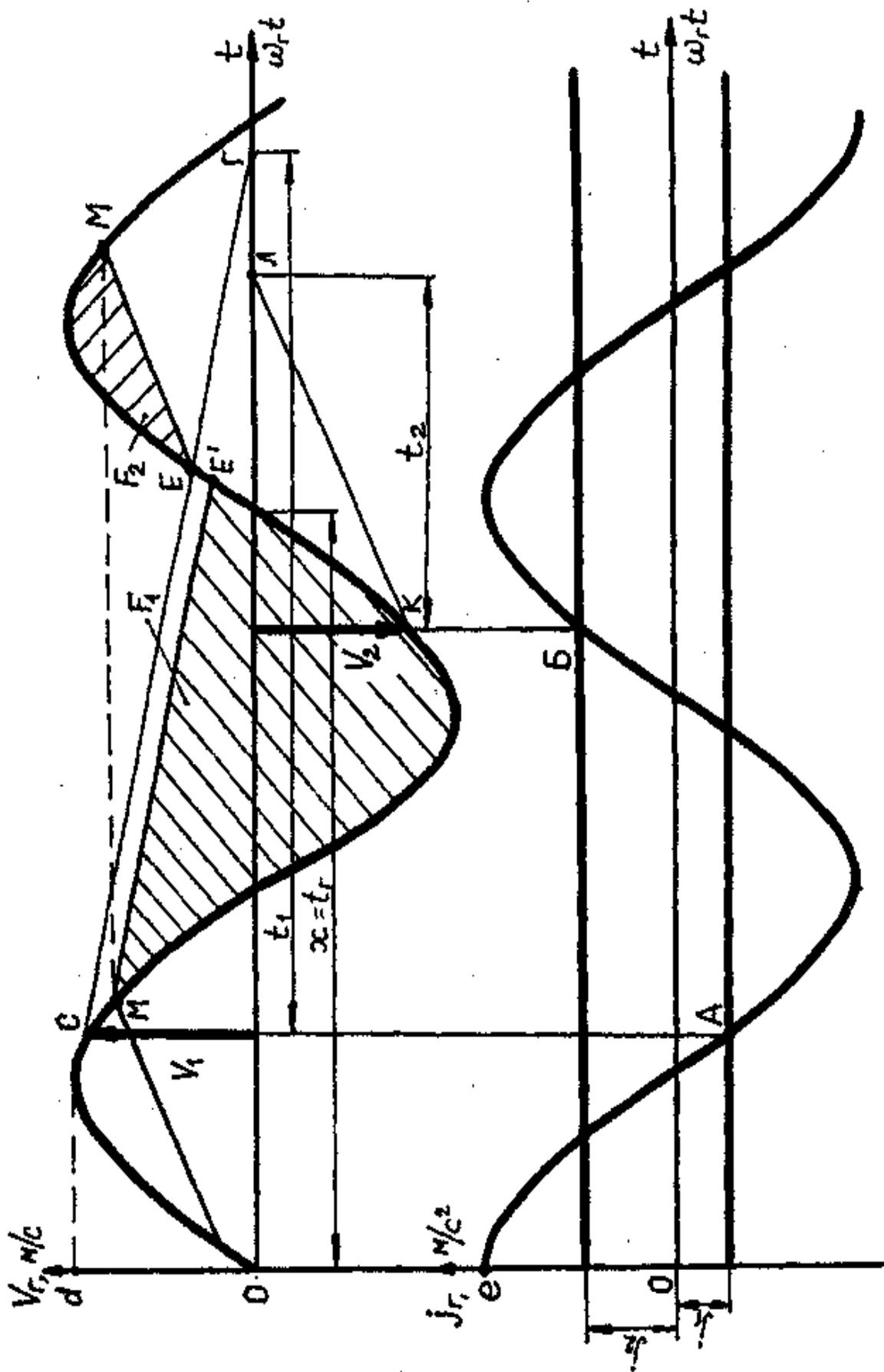


Рис.24 Графики изменения скорости и ускорения грохота

10) на графике ускорений провести линии j_1 и j_2 , соответствующие началам движения частицы вниз и вверх. От точки **А** пересечения j_1 с графиком ускорения грохота провести перпендикуляр до пересечения с графиком скорости (точка **С**). Отметить скорость V_1 начала движения частицы вниз. От точки **Б** пересечения j_2 с графиком ускорения грохота также провести перпендикуляр до пересечения с графиком скорости (точка **К**) и отметить скорость V_2 начала движения частицы вверх.

11) определить время, через которое абсолютная скорость i -атериала станет равна нулю при движении материала вниз по грохоту (с):

$$t_1 = \frac{V_1}{j_1} \quad (111)$$

где: V_1 - начальная скорость движения частицы вороха вниз по грохоту (определяется по графику);

Выразить время t_1 в метрах и отложить его от скорости V_1 по оси времени (точка **Г**).

12) определить время, через которое абсолютная скорость материала будет равна нулю при движении материала вверх по грохоту (с):

$$t_2 = \frac{V_2}{j_2} \quad (112)$$

где: V_2 - начальная скорость движения частицы вороха вверх по грохоту (определяется по графику);

Выразить время t_2 в метрах и отложить его от скорости V_2 по оси времени (точка **Л**);

13) провести линии изменения абсолютных скоростей частицы вороха по грохоту при движении вниз (линия **СГ) и вверх (линия **КЛ**). Отметить точку **Е** пересечения линии **СГ** с графиком скорости грохота**

(точка окончания движения частицы вниз по грохоту). Из этой точки провести прямую линию изменения абсолютной скорости частицы вверх по грохоту (параллельно **КЛ**) и отметить точку **М** на графике скорости грохота (точка окончания движения частицы вверх по грохоту). Если точка **М** лежит ниже точки **С**, то график корректируют (частица не может одновременно двигаться вверх и вниз). Для этого из точки **М** проводят линию, параллельную **СГ** и отмечают на графике скорости грохота точку **Е'** (линия **МЕ'**);

14) определить величину перемещения вороха по грохоту:

а) при движении вниз (м):

$$S_1 = F_1 \mu_v \mu_t \quad (113)$$

где: **F₁** - площадь (м²), ограниченная линией изменения скорости грохота и прямой линией (**МЕ'**) изменения скорости материала при движении вниз по грохоту (площадь определяется подсчетом занятых квадратных миллиметров на миллиметровке).

б) при движении вверх (м):

$$S_2 = F_2 \mu_v \mu_t \quad (114)$$

где: **F₂** - площадь (м²), ограниченная линией изменения скорости грохота и прямой линией (**ЕМ**) изменения скорости материала при движении вверх по грохоту (площадь **F₂** также определяется путем подсчета занятых квадратных миллиметров).

в) результирующее перемещение (м):

$$S = S_1 - S_2 \quad (115)$$

15) определить среднюю скорость перемещение материала по грохоту (м/с):

$$V_{cp} = \frac{S n_{\Gamma} \eta}{60} \quad (116)$$

где: **η** - коэффициент, учитывающий внутреннее трение вороха, соударение частиц и другие явления, **η=0,4...0,7** в зависимости от свойств материала.

16) определить толщину слоя вороха на грохоте (м):

$$H_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma}}{B_{\Gamma} \gamma_{\Gamma} V_{\text{ср}}} \quad (117)$$

где: B_{Γ} - ширина грохота, $B_{\Gamma}=0,9B_{\text{с}}$ ($B_{\text{с}}=1,3$);
 γ_{Γ} - объемная масса вороха на грохоте, $\gamma_{\Gamma}=50...60$ кг/м³.

17) определить, сколько раз надо встряхнуть на грохоте ворох, чтобы выделить из него все зерно:

$$n_{\text{в}} = \frac{n'_{\text{в}} H_{\Gamma}}{H'} \quad (118)$$

где: $n'_{\text{в}}$ - число встряхиваний при толщине слоя вороха $H'=0,12$ м ($n'_{\text{в}}=50...60$).

18) определить длину грохота (м):

$$L_{\Gamma} = n_{\text{в}} S \quad (119)$$

19) определить длину удлинителя верхнего решета (м):

$$L_{\text{у}} = (0,14...0,20)L_{\Gamma} \quad (120)$$

20) определить напряженность решета (кг/с)/м²:

$$q_{\text{р}} = \frac{Q_{\Gamma}}{B_{\Gamma} L_{\Gamma}} \quad (121)$$

21) выбрать конструкцию решета по данным табл.17

Табл.17

Тип решета	Пробивное	Плетеное	Жалюзийное
Допускаемая напряженность, $q_{\text{р}}$, (кг/с)/м ²	0,3 ... 0,4	0,7 ... 0,85	0,6 ... 0,7

22) определить расход воздуха на работу очистки ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q = \frac{q_{\text{пр}}}{\gamma_{\text{в}} \lambda_{\text{в}}} \quad (122)$$

где: $q_{\text{пр}}$ - подача примесей на грохот ($\text{кг}/\text{с}$):

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{Г}} - q_{\text{ХМ}}$$

$\gamma_{\text{в}}$ - плотность воздуха, $\gamma_{\text{в}}=1,20 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$\lambda_{\text{в}}$ - коэффициент концентрации примесей в единице массы воздуха,

$\lambda_{\text{в}} = 0,2 \dots 0,3$ для вентиляторов молотилок;

23) определить скорость воздушного потока в выходном канале

($\text{м}/\text{с}$):

$$V_{\text{ВЫХ}} = \psi V_{\text{ВИТ}} \quad (123)$$

где: ψ - коэффициент превышения скорости витания частиц. Для половины

$\psi = 1,9 \dots 3,7$;

$V_{\text{ВИТ}}$ - скорость витания частиц. Для половины $V_{\text{ВИТ}} = 0,75 \dots 5,25 \text{ м}/\text{с}$.

Скорость $V_{\text{ВЫХ}}$ не должна превышать критическую скорость зерна

($V_{\text{КРИТ}} = 9 \dots 11 \text{ м}/\text{с}$).

24) определить размеры выходного канала прямоугольного

сечения (м^2):

$$F = ab = \frac{Q}{V_{\text{ВЫХ}}} \quad (124)$$

где: a и b - высота и ширина канала, b принимается равной ширине грохота,

$b = B_{\text{Г}}$ (м).

$$a = \frac{Q}{V_{\text{ВЫХ}} B_{\text{Г}}} \quad (125)$$

25) определить динамический напор воздуха в выходном канале
(н/м²):

$$H_{\text{дин}} = \frac{V_{\text{ВЫХ}}^2 \gamma_{\text{В}}}{2g} \quad (126)$$

где: g - ускорение свободного падения.

26) определить статический напор воздуха в выходном канале (н/м²):

$$H_{\text{ст}} = \frac{(1 - k_c^2) H_{\text{дин}}}{k_c^2} \quad (127)$$

где: k_c - коэффициент, учитывающий сопротивление сети,
($k_c=0,21...0,25$).

27) определить полное давление воздуха (н/м²):

$$H = H_{\text{дин}} + H_{\text{ст}} \quad (128)$$

28) определить теоретический напор воздуха (н/м²):

$$H_{\text{т}} = \frac{H}{\eta} \quad (129)$$

где: η - КПД вентилятора ($\eta=0,4...0,5$);

29) определить диаметр входного отверстия из условия равенства прихода и расхода воздуха (м):

$$D_{\text{ВХ}} = \sqrt{\frac{2Q}{\pi V_{\text{ВХ}}}} \quad (130)$$

где: $V_{\text{ВХ}}$ - скорость воздушного потока на входе ($V_{\text{ВХ}} = V_{\text{ВЫХ}}$).

30) определить размеры лопаток вентилятора, исходя из соотношений:

$$\frac{D_{\text{ВХ}}}{D_1} = 1,0 \dots 1,3 \quad (131)$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{r_1}{r_2} = 0,35 \dots 0,50 \quad (132)$$

где: D_1 и D_2 - внутренний и наружный диаметр лопаток;
 r_1 и r_2 - соответствующие радиусы лопаток.

31) определить угловую скорость вращения вала вентилятора (с^{-1}):

$$\omega_{\text{В}} = \sqrt{\frac{H_{\text{T}} g}{\gamma_{\text{В}} (r_2^2 - r_1^2)}} \quad (133)$$

32) определить частоту вращения вала вентилятора (при условии, что лопатки вентилятора имеют прямолинейную радиальную форму) (мин^{-1}):

$$n_{\text{В}} = \frac{30 \omega_{\text{В}}}{\pi} \quad (134)$$

33) определить мощность, необходимую для привода вентилятора (кВт):

$$N_{\text{В}} = \frac{QH_{\text{T}}}{102 \eta_{\text{тр}}} \quad (135)$$

где: $\eta_{\text{тр}}$ - КПД трансмиссии ($\eta_{\text{тр}} = 0,95 \dots 0,98$).

34) вычертить кожух, окружающий крыльчатку вентилятора (рис.25). Кожух вентилятора в целях уменьшения гидравлических потерь очерчивается по спирали с использованием данных табл.18:

Спираль строят следующим образом: вокруг центра крыльчатки строят квадрат со сторонами a_1 и отмечают точки **1,2,3**:

из точки **1** проводят дугу **АБ** радиусом r_3 ;

из точки **2** проводят дугу **БВ** радиусом r_4 ;

из точки **3** проводят дугу **ВГ** радиусом r_5 ;

вычерчивают выходное окно с шириной a .

Табл.18

№ варианта	Размеры, % от D_2						
	A_K	a_1	r_3	r_4	r_5	L	T
1	20	5,00	67,50	62,50	57,50	130	120
2	25	6,25	71,87	65,62	59,37	137	125
3	30	7,50	76,25	68,75	61,25	145	130
4	35	8,75	80,62	71,87	63,12	152	132
5	40	10,00	85,00	75,00	65,00	160	140
6	45	11,25	89,37	78,12	66,87	167	145
7	50	12,50	93,75	81,25	68,75	175	150
8	20	5,00	67,50	62,50	57,50	130	120
9	25	6,25	71,87	65,62	59,37	137	125
10	30	7,50	76,25	68,75	61,25	145	130
11	35	8,75	80,62	71,87	63,12	152	132
12	40	10,00	85,00	75,00	65,00	160	140
13	45	11,25	89,37	78,12	66,87	167	145
14	50	12,50	93,75	81,25	68,75	175	150
15	20	5,00	67,50	62,50	57,50	130	120
16	25	6,25	71,87	65,62	59,37	137	125
17	30	7,50	76,25	68,75	61,25	145	130
18	35	8,75	80,62	71,87	63,12	152	132
19	40	10,00	85,00	75,00	65,00	160	140
20	45	11,25	89,37	78,12	66,87	167	145
21	50	12,50	93,75	81,25	68,75	175	150
22	20	5,00	67,50	62,50	57,50	130	120
23	25	6,25	71,87	65,62	59,37	137	125
24	30	7,50	76,25	68,75	61,25	145	130
25	35	8,75	80,62	71,87	63,12	152	132
26	40	10,00	85,00	75,00	65,00	160	140
27	45	11,25	89,37	78,12	66,87	167	145
28	50	12,50	93,75	81,25	68,75	175	150
29	45	11,25	89,37	78,12	66,87	167	145
30	50	12,50	93,75	81,25	68,75	175	150

Вопросы выходного контроля:

1. Из каких сборочных единиц и механизмов состоит система очистки зерноуборочного комбайна?
2. Какие регулировки имеет очистка и от чего они зависят?
3. Для чего служит удлинитель грохота и как его регулируют?
4. Как выполняют установочную регулировку вариатора вентилятора очистки?
5. В каком случае и каким образом изменяют угол наклона нижнего решета?
6. В чем различие регулировок скорости воздушного потока у комбайнов "Нива" и "Енисей"?
7. Что изменится в технологическом процессе работы нижнего решета при изменении угла его наклона?
8. Назвать нижнюю и верхнюю границы частоты вращения кривошипа грохота, при котором ворох движется:
 - а) только вниз;
 - б) только вверх и вниз.
9. Изобразить силы, действующие на частицу, движущуюся вместе с решетом?
10. При каких показателях кинематического режима частица движется: вниз, вверх-вниз по решету и отрывается от его поверхности?
11. Определить по графику максимальную относительную скорость перемещения вороха по грохоту при движении вороха вверх или вниз?
12. Определить по графику максимальное ускорение перемещения вороха по грохоту при движении вверх или вниз?

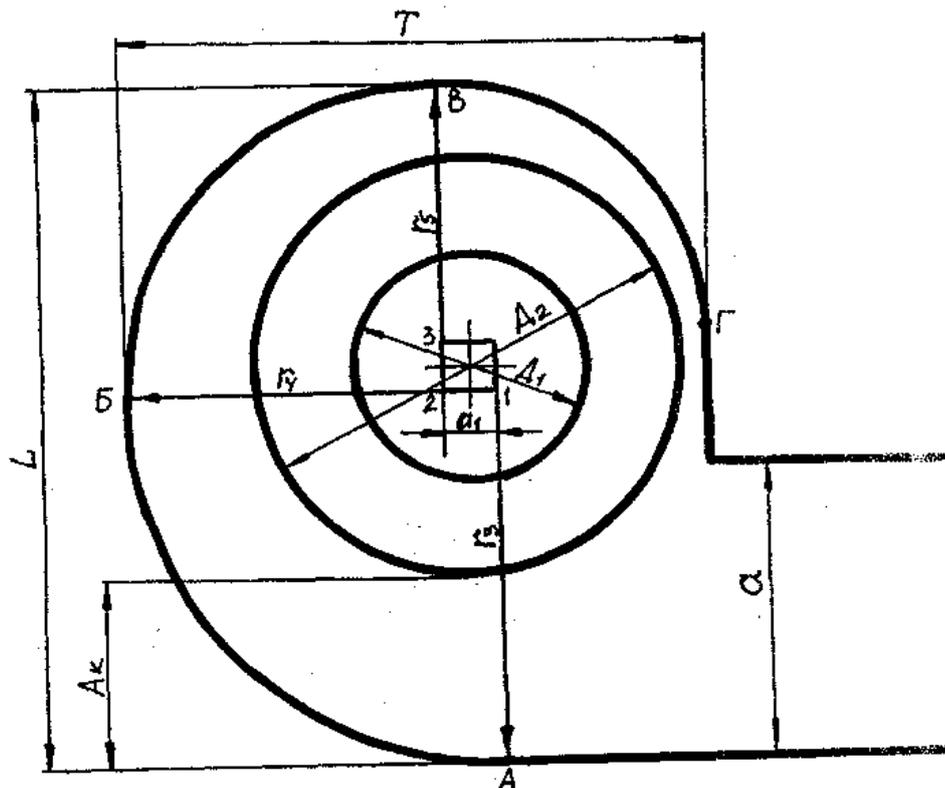


Рис.25 Построение спирального кожуха вентилятора.

7 РАСЧЕТ ШАХТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Теоретическая часть

Нагрев зерна и удаление влаги из сушильной камеры осуществляются с помощью теплоносителя. Состояние теплоносителя характеризуется четырьмя основными параметрами: температурой t , относительной влажностью φ , влагосодержанием d и теплосодержанием J .

Наружный воздух перед входом в калорифер или смесительную камеру топки имеет параметры t_0 , φ_0 , d_0 , J_0 . Температуру воздуха определяют термометром, а относительную влажность можно измерить психрометром. Остальные два параметра воздуха - влагосодержание d и теплосодержание J - определяют по диаграмме $J - d$ (рис.26) Для этого на диаграмме нужно найти точку A , характеризующую состояние воздуха. Положение этой точки находят по значениям t_0 и φ_0 (рис.27).

На входе в сушильную камеру теплоноситель имеет параметры t_1 , φ_1 , d_1 , J_1 . Температура t_1 теплоносителя должна иметь определенную величину в

зависимости от назначения зерна (семенное или продовольственное) и влажности зерна до сушки (табл.19).

Считают, что влагосодержание теплоносителя в процессе нагрева не изменяется, т.е. $d_1=d_0$.

Величину параметров ϕ_1 и J определяют на диаграмме **J-d** по точке **B**, характеризующей состояние теплоносителя в момент входа в сушильную камеру. Положение точки **B** находят по t_1 и $d_1=d_0$.

На выходе из сушильной камеры состояние теплоносителя характеризуется параметрами t_2 , ϕ_2 , d_2 , J_2 . На диаграмме **J-d** этому состоянию теплоносителя соответствует точка **C**. Положение ее находят по температуре t_2 и относительной влажности ϕ_2 , которые замеряют с помощью приборов. Во избежание конденсации влаги из теплоносителя величина ϕ_2 должна быть в пределах **70-80%**. Влагосодержание d_2 и теплосодержание J_2 определяют из диаграммы по точке **C**.

Табл.19

Назначение зерна	W,%	Характеристика клейковины	$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Theta_2, ^\circ\text{C}$
Продовольственное	До 20	Крепкая	110-130	45
		Нормальная	130-150	50
		Слабая	140-160	60
	Свыше 20	Крепкая	90-110	45
		Нормальная	110-130	50
		Слабая	130-140	60
Семенное	До 19	Крепкая	70	40
		Нормальная		
		Слабая		
	Свыше 19	Крепкая	60-70	35-40
		Нормальная		
		Слабая		

В сушильную камеру загружают G_1 влажного зерна с температурой Θ_1 и влажностью W_1 . В процессе сушки теплоноситель нагревает зерно и удаляет часть испарившейся влаги.

После сушки зерно имеет вес G_2 , температуру Θ_2 и влажность W_2 .

Вес зерна, выгружаемого из сушилки в течение часа, определяют по формуле (кг/ч):

$$G_2 = G_1 - W_{\text{ч}} \quad (136)$$

где: $W_{\text{ч}}$ - количество влаги, испаряемой в течение 1 ч:

$$W_{\text{ч}} = G_1 \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1} \quad (137)$$

Производительность сушилки с учетом процента съема влаги, %/ч:

$$P = G_2 (W_1 - W_2) m \quad (138)$$

Для обеспечения процесса сушки требуется определенное количество сухого воздуха, кг/ч:

$$L = \frac{100}{d_2 - d_1} W_{\text{ч}} \quad (139)$$

Для получения сухого воздуха в сушилку подают атмосферный воздух, количество которого определяют по формуле, кг/ч:

$$L_0 = L(1 + 0,001d_0) \quad (140)$$

Для нагрева теплоносителя в течение 1 ч работы сушилки потребуется определенное количество тепла, ккал/ч:

$$Q = L(J_1 - J_0) \quad (141)$$

Практическая часть

1. Содержание работы.

Используя **J-d** - диаграмму влажного воздуха (рис.26) и исходные данные, определить следующие параметры зерносушилки:

- а) размер шахты;
- б) расход воздуха в сушильной камере;
- в) расход тепла;
- г) расход воздуха в охлаждающей камере;
- д) температуру агента сушки после сушки;
- е) температуру и относительную влажность зерна после охлаждающей камеры.

2.Исходные данные приведены в табл.20.

3.Порядок выполнения работы:

- 1) вычертить схему процесса сушки (рис.27);
- 2) определить массу зерна в сушильной камере, кг:

$$M_{зск} = q_c T_c \quad (142)$$

- 3) определить полный объем шахты, м³:

$$V_m = V_{ск} + V_{ок} \quad (143)$$

где: $V_{ск}$ - объем сушильной камеры (м³).

$$V_{ск} = V_з + V_к \quad (144)$$

где: $V_з$ - объем зерна в сушильной камере, определяемый по объемной массе зерна $\gamma_з=750$ кг/м³;

$V_к$ - объем коробов в сушильной камере, $V_к=(0,3...0,4)V_з$;

$V_{ок}$ - объем охлаждающей камеры. $V_{ок}= 0,3V_{ск}$ (рис.28).

4) определить высоту сушильной камеры $h_{ск}$, высоту охлаждающей камеры $h_{ок}$ и высоту шахты $h_{ш}$, приняв ширину шахты (длину короба) $B=0,8..1$ м, а отношение $a/b = 1,5 ... 2$.

5) определить массу влаги, испарившейся в сушильной камере в течение 1 часа (кг/ч):

$$m_{\text{BCK}} = q_c \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \quad (145)$$

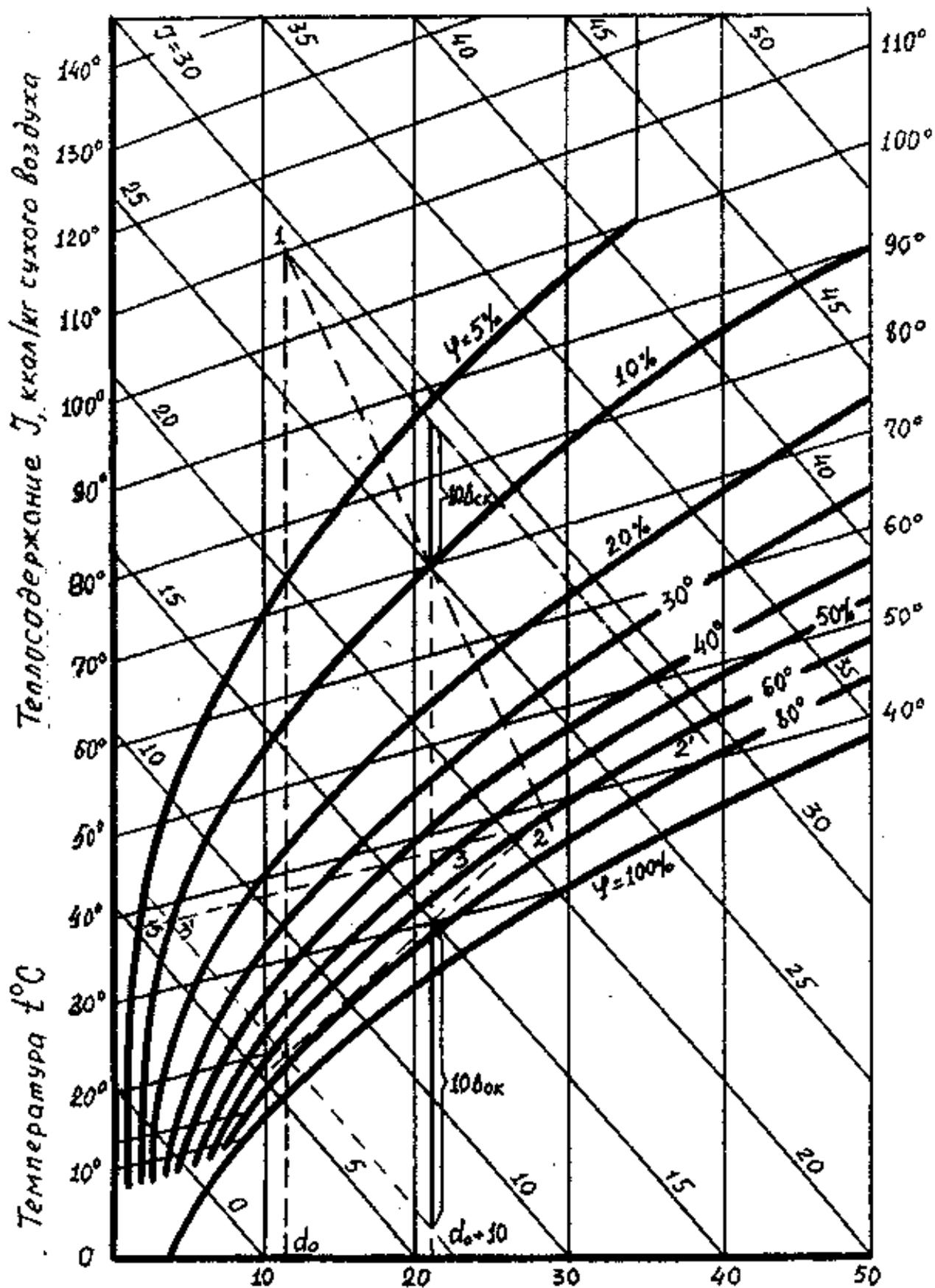


Рис. 26 Диаграмма J-d.

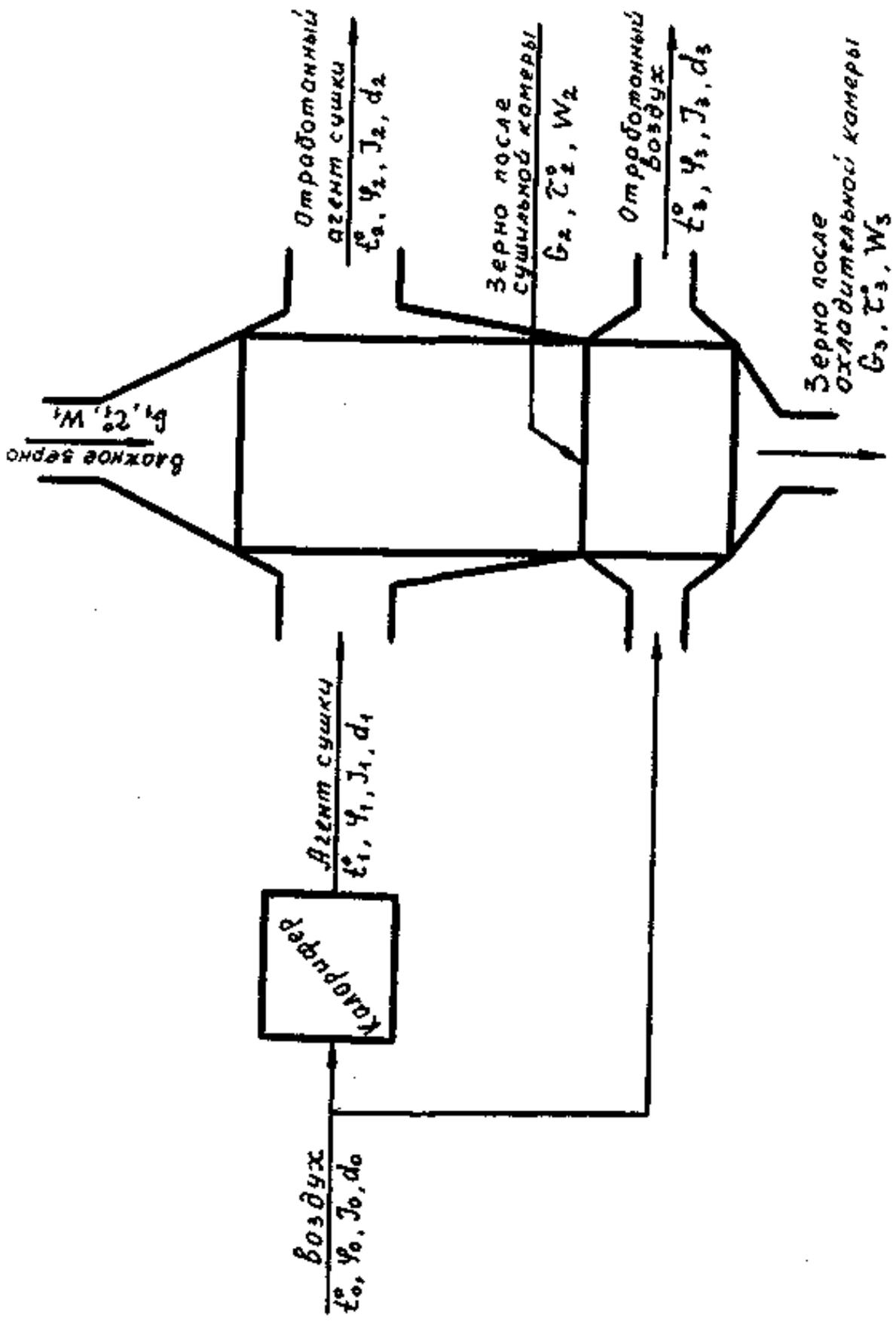


Рис.27 Схема процесса шахтной сушки

Исходные данные

Номер варианта	$W_1, \%$	$W_2, \%$	$\tau_2, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$\varphi_0, \%$	$\varphi_2, \%$	$q_c, \text{кг/с}$	$T_c, \text{ч}$
1	17	13	45	65	12	85	75	8000	0,6
2	19	15	47	75	24	70	60	8200	0,6
3	21	14	49	110	14	80	65	7600	0,7
4	23	16	46	90	22	75	60	7800	0,7
5	25	18	51	105	16	85	65	7400	0,8
6	18	14	48	90	20	70	60	8200	0,6
7	20	16	53	95	18	80	70	7600	0,7
8	22	18	50	80	13	75	65	8000	0,6
9	24	15	51	100	23	85	60	7400	0,8
10	26	16	53	110	15	70	65	7200	0,6
11	17	14	55	80	21	80	65	8400	0,6
12	19	15	52	70	17	75	65	8000	0,7
13	21	17	54	70	19	85	65	8200	0,7
14	23	16	46	90	17	70	60	7600	0,8
15	25	18	48	95	21	80	70	7800	0,6
16	18	13	45	80	15	75	65	7400	0,7
17	20	14	55	85	23	85	60	8200	0,6
18	26	15	46	120	13	70	60	7600	0,8
19	24	16	54	105	18	80	65	8000	0,7
20	26	16	47	110	20	75	60	7400	0,6
21	17	13	53	85	16	85	65	7200	0,8
22	19	14	48	90	22	70	65	8400	0,6
23	21	18	52	75	14	80	70	8000	0,6
24	23	17	49	80	24	75	70	7400	0,7
25	25	16	51	120	12	85	60	7200	0,7
26	18	13	50	95	14	70	60	8400	0,8
27	20	15	45	85	20	80	70	8200	0,6
28	22	14	49	105	23	75	65	7600	0,7
29	24	16	49	100	16	85	75	7800	0,6
30	26	17	51	110	15	70	65	7400	0,8

W_1 - влажность зерна перед сушкой, W_2 – влажность зерна на выходе из сушильной камеры, τ_2 – температура зерна на выходе из сушильной камеры, t_1 – температура агента сушки на входе в сушильную камеру, t_0 – температура атмосферного воздуха, φ_0 – относительная влажность атмосферного воздуха, φ_2 – относительная влажность агента сушки после сушильной камеры, q_c – производительность сушилki, T_c – экспозиция сушки.

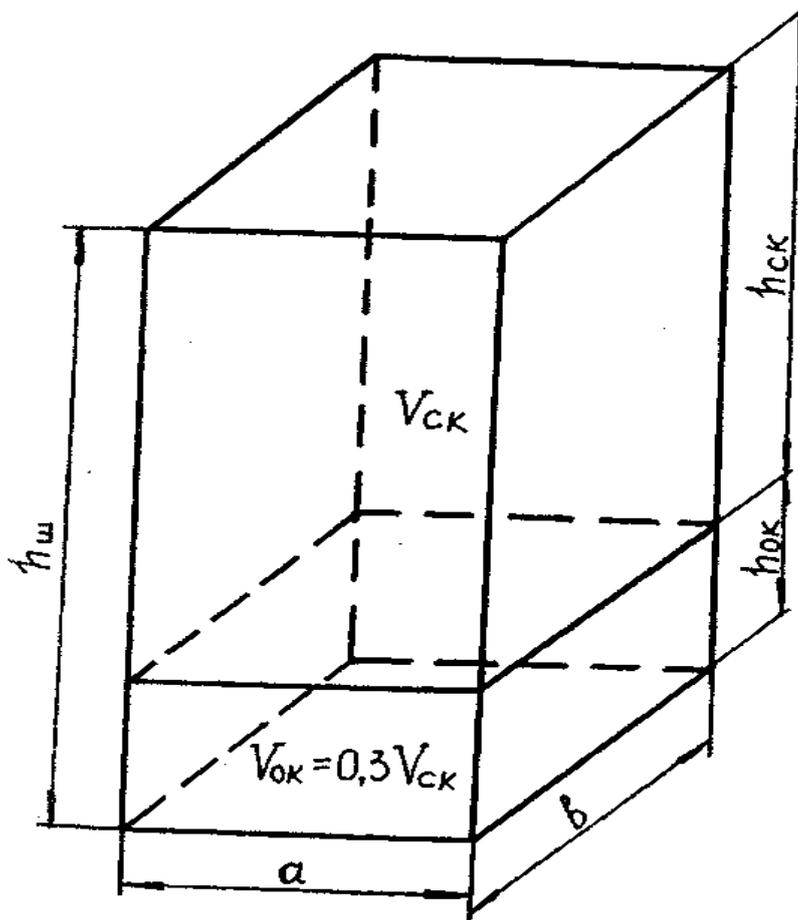


Рис. 28 Определение параметров шахты

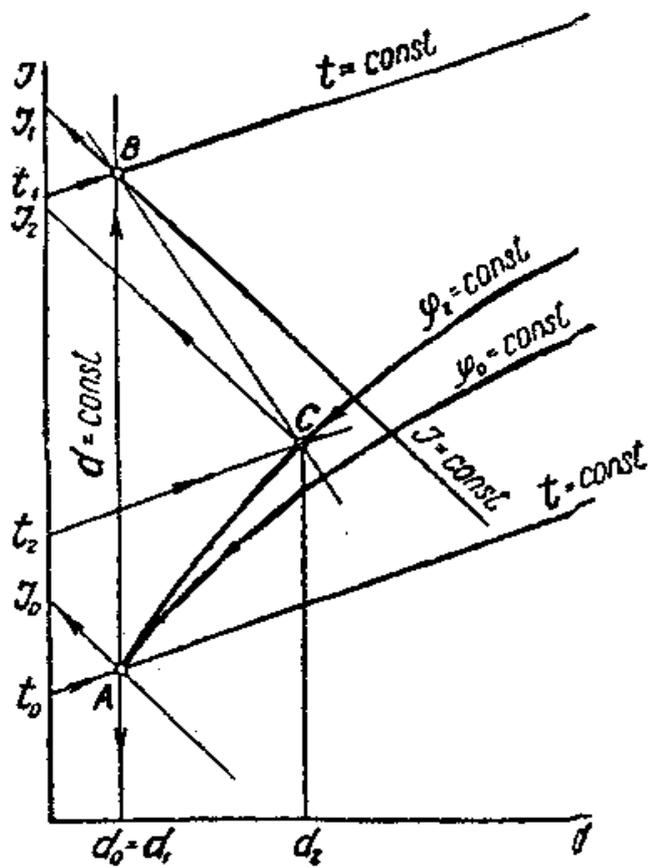


Рис. 29 Графоаналитический расчет сушилки

б) определить массу влаги, испарившейся в охладительной камере в течение 1 часа (кг/ч):

$$m_{\text{вок}} = M_{\text{зок}} \frac{W_2 - W_3}{100 - W_3} \quad (146)$$

где $M_{\text{зок}}$ - масса поступающего в охладительную камеру зерна, кг/ч.

$M_{\text{зок}} = M_{\text{зск}} - m_{\text{вск}}$;

W_3 - влажность зерна после охладительной камеры, %;

$W_3 = W_2 = (0,5 \dots 1)$.

7) определить параметры агента сушки нагретого в калорифере атмосферного воздуха перед входом в сушильную камеру. Для этого выполнить следующее:

а) на **J-d** - диаграмме найти точку **O** с параметрами атмосферного воздуха t_0 и J_0 (см.рис.26). Определить по диаграмме J_0 и d_0 ;

б) приняв, что влагосодержание воздуха при нагреве не изменяется, т.е. $d_1 = d_0$, отметить на диаграмме точку **1** с параметрами t_1 и d_1 . Определить по диаграмме J_1 и ϕ_1 ;

в) провести на **J-d** - диаграмме линию нагрева агента сушки (линия **0-1**);

8) определить параметры отработанного агента сушки на выходе из сушильной камеры в следующем порядке:

а) приняв, что процесс сушки идет без потерь тепла, т.е. $J = J_1 = \text{const}$, провести на **J-d** - диаграмме линию теоретического процесса сушки - линия **1-2'**. Точка **2'** находится по известным параметрам $\phi'_2 = \phi_2$ и $J'_2 = J_1$. Определить по диаграмме t'_2 и d'_2 ;

б) рассчитать потери тепла $\Delta_{\text{ск}}$ агентом сушки в килокалориях на каждый грамм испарившейся влаги, ккал/г влаги:

$$\Delta_{\text{ск}} = (C_{\text{в}} \tau_1 - \Delta_3 - \Delta_{\text{ос}}) 10^{-3} \quad (147)$$

где: C_B - удельная теплоемкость воды, $C_B = 1$ ккал/кг град;

τ_1 - температура зерна до сушки, $\tau_1 = t_0 + (0 \dots 5^\circ)$;

Δ_3 - потери тепла на нагрев зерна, (ккал/кг влаги);

$$\Delta_3 = \frac{M_{3OK} C_{B3} (\tau_2 - \tau_1)}{m_{BCK}} \quad (148)$$

C_{B3} - теплоемкость влажного зерна, ккал/(кг град);

$$C_{B3} = 0,01 C_{C3} (100 - w_2) + 0,01 C_B w_2 \quad (150)$$

C_{C3} - теплоемкость сухого зерна, $C_{C3} = 0,37$ ккал/(кг град);

Δ_{oc} - потери тепла в окружающую среду, отнесенные к 1 кг испарившейся влаги, ккал/(кг град);

$$\Delta_{oc} = \frac{F}{m_{BCK}} K \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right) \quad (151)$$

где: F - суммарная площадь боковых поверхностей сушильной камеры, m^2 ;

K - коэффициент теплопередачи, $K = 1$ ккал/(m^2 -град).

Физический смысл величины Δ_{CK} заключается в следующем: испарение из зерна в сушильной камере 1 кг влаги сопровождается потерей Δ килокалорий из агента сушки. На основании этого составим пропорцию: **1 г влаги ~ Δ ккал**. Отнеся обе части пропорции к 1 кг сухого воздуха, получим:

$$\mathbf{1 \text{ г влаги/кг воздуха} \sim \Delta \text{ ккал/кг воздуха}}$$

Левая часть пропорции имеет размерность $[d]$, а правая - разм (152)

$[J]$. Поэтому можно сказать, что увеличение влагосодержания агента сушки на 1 г в килограмме воздуха сопровождается уменьшением теплосодержания на Δ килокалорий в килограмме воздуха:

в) провести на $J-d$ - диаграмме линию действительного процесса сушки. Так как значение Δ мало, то для повышения точности построения берут величину 10Δ . Для соблюдения условия (152) значение d также должно быть увеличено на 10 единиц. Исходя из этого, линию действительного процесса сушки построить как показано на (рис.30) в следующем порядке:

определить значение d_0+10 ; провести линию d_0+10 до пересечения с линией теоретического процесса сушки (линией 1-2'), из точки их пересечения e отложить вниз значение $10\Delta_{ск}$ и через вновь полученную точку K провести линию действительного процесса – линию 1-2 (точка 2 лежит на линии J_2).

Определить параметры d_2 и t_2 ;

9) определить расход воздуха на каждый килограмм испарившейся влаги (кг. воздуха/ кг. влаги):

$$l_{ск} = \frac{1000}{d_2 - d_0} \quad (153)$$

10) определить часовой расход воздуха в сушильной камере (кг/ч):

$$L_{ск} = m_{вск} l_{ск} \quad (154)$$

11) определить расход тепла на 1 кг испарившейся влаги (ккал/кг.влаги):

$$q = (J_1 - J_0) l_{ск} \quad (155)$$

12) определить часовой расход тепла (ккал/ч):

$$Q = q m_{вск} \quad (156)$$

13) определить температуру зерна после охладительной камеры, ($^{\circ}C$):

$$\tau_3 = t_0 + (12 \dots 15^{\circ}) \quad (157)$$

14) определить температуру отработанного воздуха после охладительной камеры, ($^{\circ}C$):

$$t_3 = \tau_3 - (0 \dots 6) \quad (158)$$

15) провести на $J-d$ - диаграмме линию теоретического процесса охлаждения, приняв $J=J_0$, как показано на (рис.30) и отметить точки m и $3'$ ее пересечения соответственно с линией d_0+10 и линией $t = t_3^0$;

16) определить величину потерь зерна в охладительной камере ккал/г.влаги:

$$\Delta_{\text{ок}} = 10^{-3} \left[C_{\text{в}} \tau_2 + \frac{G_3}{m_{\text{вок}}} \left(C_{\text{сз}} \frac{100 - W_3}{100} + C_{\text{в}} \frac{W_3}{100} \right) (\tau_2 - \tau_3) \right] \quad (159)$$

где: G_3 - масса зерна прошедшего охладительную камеру за час, (кг/ч):

$$G_3 = M_{\text{зок}} - m_{\text{вок}} \quad (160)$$

17) построить на **J-d** - диаграмме линию действительного процесса охлаждения (см.рис.31) в следующем порядке:

а) отложить от точки **m** вверх $10\Delta_{\text{ок}}$ и отметить точку **n**;

б) провести линию **0-n** до пересечения с линией $t=t_3^0$ в точке **3**.

Линия **0-3** показывает действительный процесс охлаждения;

в) определить по диаграмме параметры **d₃, J₃, φ₃**;

18) определить расход воздуха на каждый килограмм влаги, испарившейся в охладительной камере, кг.воздуха/кг.влаги:

$$l_{\text{ок}} = \frac{1000}{d_3 - d_0} \quad (161)$$

19) определить часовой расход воздуха в охладительной камере (кг/ч):

$$L_{\text{ок}} = m_{\text{вок}} l_{\text{ок}} \quad (162)$$

20) определить производительность вентилятора (кг/ч):

$$L = L_{\text{ск}} + L_{\text{ок}} \quad (163)$$

21) записать в табл.21 параметры агента сушки и зерна и различных стадиях сушки:

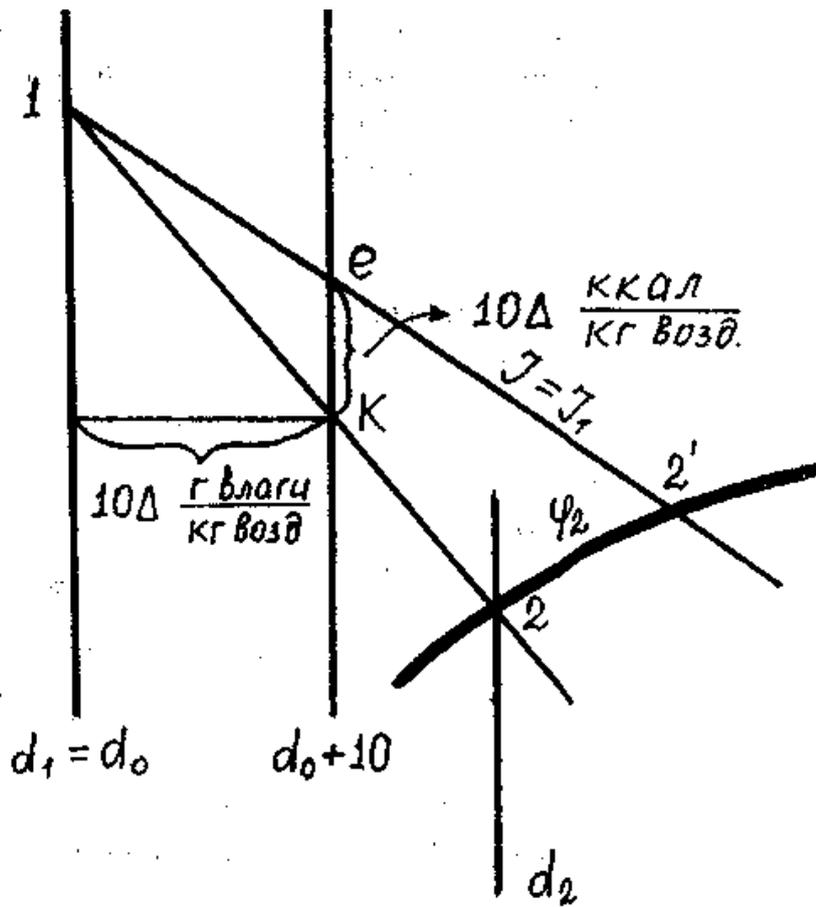


Рис. 30 Определение действительного процесса сушки

Табл.21

Стадия процессов	Точки диаграммы	Агент сушки				Зерно		
До калорифера								
На входе в сушильную камеру								
После сушильной камеры (теоретический процесс)								
После сушильной камеры (действительный процесс)								
Перед охладительной камерой								
После охладительной камеры (теоретический процесс)								
После охладительной камеры (действительный процесс)								

Вопросы выходного контроля:

1. Что понимается под абсолютной и относительной влажностью материала?
2. Сущность тепло- и влагообмена при сушке материала?
3. Дать понятие конвективного, кондуктивного и сорбционного способов сушки материалов?
4. Что такое "агент сушки"?
5. Какие приборы используют для контроля процесса сушки зерна?
6. До какой температуры разрешается нагревать семенное и продовольственное зерно?
7. От каких параметров зависит массовый расход агента сушки?
8. Что такое усушка, как она рассчитывается?

Учебное издание

ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА УБОРОЧНЫХ МАШИН

Методические указания к выполнению практической работы №2 по курсу
«Машины и оборудование в растениеводстве»
для бакалавров, обучающихся по направлению
35.03.06 «Агроинженерия»

Составитель

КАПУСТИН Алексей Николаевич

Печатается в редакции составителей

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 26.09.2014 г.
Формат 60x84/23 Бумага офсетная.
Плоская печать. Усл. печ. л. . Уч-изд. л. .
Тираж 20 экз. Заказ 1688. Цена свободная.
ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.
652050, г. Юрга, ул. Московская, 17.