

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерно – технологический факультет

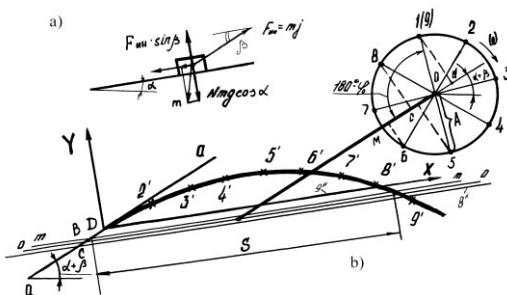
Кафедра сельскохозяйственных, мелиоративных
и строительных машин

В.В. Кузнецов

Теория и расчёт сельскохозяйственных машин

Учебное пособие по дисциплинам
«Сельскохозяйственные машины» и «Машины и оборудование
в растениеводстве» для бакалавров ВУЗов,
обучающихся по направлению 110800.62 «Агроинженерия»,
профили 110800-01.65 «Технические системы в агробизнесе»
и 110800-04.65 «Технический сервис в АПК»

ЧАСТЬ 2



Брянск 2014

УДК 631.3 (076)

ББК 40.72

К-89

Кузнецов, В.В. Теория и расчёт сельскохозяйственных машин. Ч-2.: Учебное пособие / В.В. Кузнецов. – Брянск.: Изд - во ФГБОУ ВПО Брянская ГСХА, 2014. – 70 с.

Учебное пособие состоит из двух частей.

Данная, вторая часть учебного пособия состоит из 7 лабораторно-практических работ, выполняемых в ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА». Эти работы объединены в блок «Лабораторные работы по машинам для уборки и доработки урожая». Каждая работа включает в себя теоретическое обоснование параметров рабочих органов, варианты заданных агротехнических, конструктивных и режимных условий, рекомендованный порядок выполнения, порядок отчётности.

Рецензент: д.т.н., профессор А.И. Купреенко

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерного факультета от 04.09. 2013 года, протокол №1.

© Брянская ГСХА, 2014

© Кузнецов В.В., 2014

2 Лабораторно-практические работы по машинам для уборки и доработки урожая

Работа 1

Определение основных параметров мотовила

Цель работы. Изучить процесс совместного взаимодействия мотовила и режущего аппарата со срезаемыми растениями. Исследовать зависимость показателей работы мотовила от его конструктивных и кинематических параметров. Обосновать диапазон регулировочных параметров.

Теоретическая часть

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

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

Окружная скорость мотовила должна быть выше поступательной скорости машины и определяется из выражения:

$$U = \lambda V_M \quad (1)$$

где U - окружная скорость планки, м/с; V_M - скорость машины, м/с;

λ - показатель кинематического режима мотовила.

Величина λ наиболее часто применяется в пределах 1,4... 1,9 и зависит от состояния стеблестоя и скорости машины. При увеличении скорости λ уменьшают. Чтобы срезанные стебли не переваливались через планки мотовила вперед, последние

должны, в момент среза, находится выше центра тяжести срезанной части стебля. Из этого условия радиус мотовила определяется по формуле:

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

где l_{cp} - длина срезаемой части стебля, м;

l_c - средняя длина растений на поле, м.

С целью обеспечения нормальной работы мотовила на стеблестое различной длины высота установки центра мотовила относительно режущего аппарата должна регулироваться в пределах от H_{min} до H_{max} , величина которых определяется по формулам

$$H_{min} = l_{min} - h_{min} + \frac{R}{\lambda_{max}} \quad (3)$$

$$H_{max} = l_{max} - h_{max} + \frac{R}{\lambda_{min}} \quad (4)$$

где H - высота центра мотовила, м;

l_{min} и l_{max} - минимальная и максимальная высота стеблестоя, м;

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

Величина перемещения оси мотовила по вертикали, которую должен обеспечивать регулировочный механизм, определяется как

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

Шагом планки мотовила называют путь машины за время поворота мотовила на угол между двумя соседними планками и определяют его по формуле:

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

где z - число планок мотвила.

Степенью воздействия на стебли, или коэффициентом полезного действия мотвила, принято называть величину отношения количества стеблей, срезаемых при воздействии планки, к общему количеству стеблей, срезаемых ножом за то же время. Легко показать, что этот коэффициент равен отношению ширины ΔX полосы стеблей, которые срезает нож при воздействии одной планки, к шагу планки мотвила, т. е.

$$\eta_1 = \frac{\Delta X}{X_z} \quad (7)$$

На редком прямостоящем стеблестое ΔX равна теоретической ширине полосы стеблей, захватываемых одной планкой. При густом и длинном стеблестое $\sigma_1' > \sigma_1$ за счет взаимодействия стеблей, поэтому:

$$\sigma_1' = \sigma_1 \cdot \varepsilon \quad (8)$$

и $\Delta X' > \Delta X$ где ε - коэффициент, учитывающий взаимодействие стеблей ($\varepsilon = 1, 0 \dots 1, 7$).

Коэффициент воздействия мотвила на стебли повышается с увеличением выноса b мотвила вперед относительно режущего аппарата, однако это имеет место лишь до определенного значения b_{max} , после которого воздействие планок на стебли прекращается до подхода к ним режущего аппарата. С учетом вышеизложенного, коэффициент воздействия мотвила определяется по формулам

$$\eta_1' = \frac{\varepsilon \cdot z}{2\pi} \left(\arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} + \lambda \frac{b}{R} - \arcsin \frac{b}{R} \right) \quad (9)$$

Если $b \neq 0$, то

$$\sigma_1'' = \frac{R}{\lambda} \left(\Delta\varphi_2 - \arcsin \frac{b}{R} \right)$$
$$\eta_1'' = \frac{z}{2\pi} \left(\Delta\varphi_2 - \arcsin \frac{b}{R} \right) \quad (10)$$

Примечание: при выполнении расчетов максимальное и минимального значения высоты стеблей, высоты установки ножа принять:

$$l_{\max, \min} = l_{cp} \pm (0,2 - 0,3), \text{ м};$$

$$h_{\max, \min} = h_{cp} \pm 0,05, \text{ м};$$

$$\lambda_{\max, \min} = \lambda_{cp} \pm 0,2$$

Практическая часть

Содержание работы. Исходя из заданных условий работы, определить основные параметры мотовила, построить траекторию планки мотовила и подсчитать показатели эффективности воздействия мотовила на стебли.

Исходные данные. Варианты исходных данных приведены в таблице 1, где l_c — средняя высота стеблестоя; h_{cp} — средняя высота среза; λ_{cp} — среднее значение отношения окружной скорости планки к скорости машины; z - количество планок мотовила и ε - коэффициент, учитывающий взаимодействие стеблей при их подводе к режущему аппарату.

Таблица 1 - Исходные данные по вариантам

№ п.п	l_c , м	h_{cp} , м	$V_{b'}$, м/с	λ_{cp}	z	ε	№ п.п	l_{cp} , м	h_{cp} , м	$V_{b'}$, м/с	λ_{cp}	z	ε
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	0,85	0,12	0,65	1,50	5	1,0	24.	0,9	0,14	1,75	1,52	6	1,5
2.	0,85	0,14	0,70	1,52	6	1,1	25.	0,9	0,12	1,80	1,54	5	1,4
3.	0,85	0,16	0,75	1,54	5	1,2	26.	0,8	0,10	1,85	1,50	6	1,3
4.	0,85	0,18	0,80	1,56	6	1,3	27.	0,8	0,12	1,80	1,48	5	1,2
5.	0,85	0,20	0,85	1,58	5	1,4	28.	0,8	0,14	1,75	1,46	6	1,1
6.	0,8	0,10	0,90	1,60	6	1,5	29.	0,8	0,16	1,70	1,42	5	1,0
7.	0,8	0,12	1,00	1,58	5	1,6	30.	0,8	0,18	1,65	1,44	6	1,1
8.	0,8	0,14	1,05	1,56	6	1,7	31.	0,7	0,20	1,60	1,46	5	1,2
9.	0,8	0,16	1,10	1,54	5	1,6	32.	0,7	0,18	1,55	1,48	6	1,3
10.	0,8	0,18	1,15	1,52	6	1,5	33.	0,7	0,16	1,50	1,50	5	1,4
11.	0,95	0,20	1,20	1,50	5	1,4	34.	0,7	0,14	1,45	1,52	6	1,5
12.	0,9	0,18	1,25	1,52	6	1,3	35.	0,7	0,12	1,40	1,54	5	1,6
13.	0,9	0,16	1,30	1,54	5	1,2	36.	0,7	0,10	1,35	1,56	6	1,7
14.	0,9	0,14	1,30	1,56	6	1,1	37.	0,7	0,12	1,30	1,58	5	1,6
15.	0,9	0,12	1,35	1,58	5	1,0	38.	0,75	0,14	1,25	1,60	6	1,5
16.	0,8	0,10	1,40	1,60	6	1,1	39.	0,75	0,16	1,20	1,62	5	1,4
17.	0,85	0,12	1,45	1,62	5	1,2	40.	0,75	0,18	1,15	1,64	6	1,3
18.	0,85	0,14	1,50	1,64	6	1,3	41.	0,85	0,20	1,10	1,62	5	1,2
19.	0,85	0,16	1,55	1,66	5	1,4	42.	0,85	0,18	1,05	1,64	6	1,1
20.	0,85	0,18	1,60	1,60	6	1,5	43.	0,85	0,16	1,00	1,66	5	1,0
21.	0,9	0,20	1,65	1,58	5	1,6	44.	0,85	0,14	0,95	1,68	6	1,2
22.	0,9	0,18	0,95	1,56	6	1,7	45.	0,85	0,12	0,90	1,70	5	1,3
23.	0,9	0,16	1,70	1,54	5	1,6	46.	0,75	0,10	0,85	1,60	6	1,4

Порядок выполнения работы. Используя выражения 1 ...5, определить окружную скорость планки мотовила, радиус, пределы установки по высоте, величину хода регулировочного механизма и шаг мотовила. Расчетное значение радиуса округлить до сотых единиц в меньшую сторону.

Построить на миллиметровой бумаге (формат А4) траекторию конца планки мотовила, для чего :

- в выбранном масштабе радиусом R провести окружность (рис. 1) и разделить ее на равные части (не менее 12). Полученные точки обозначить цифрами 0, 1, 2, 3, 4 и т. д. и соединить их с центром окружности. В результате получим положения луча планки через равные промежутки времени;

- определить время одного оборота мотовила по формуле:

$$t = \frac{2\pi R}{U}, \quad (11)$$

- по формуле

$$X_T = \frac{2\pi R}{\lambda} \quad (12)$$

определить путь машины за один поворот мотовила, в выбранном масштабе отложить его от центра окружности и разделить его на столько же частей, что и окружность, пронумеровав полученные точки 1', 2', 3', 4' и т. д.;

- из точек 0, 1, 2, 3 и т. д. провести прямые линии, параллельные направлению движения машины, затем из точек 0', 1', 2' и т. д. радиусом R сделать засечки на соответствующих прямых, проведенных из точек 0, 1, 2, 3 и т.д.;

- полученные методом засечек точки пронумеровать 0'', 1'', 2'' и т.д., соединить их плавной кривой, которая будет представлять траекторию движения планки.

Определить теоретическую ширину b_n полосы стеблей, захватываемых одной планкой, для чего:

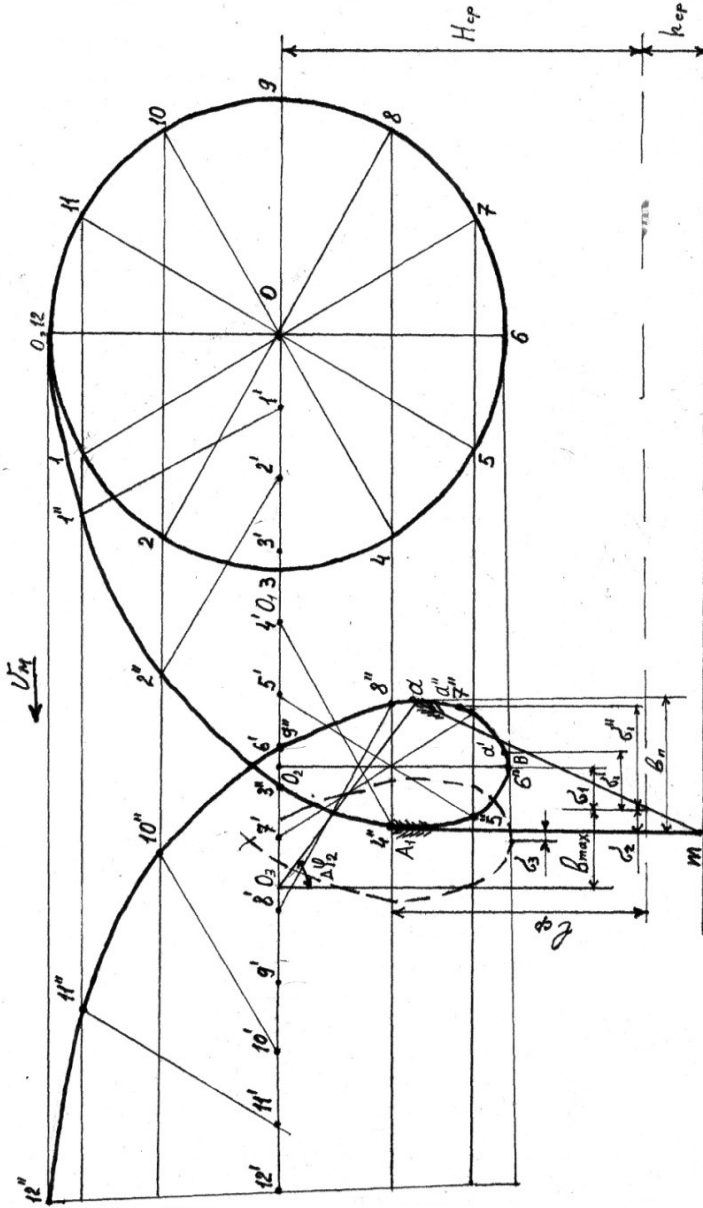


Рисунок 1 – Схема построения совместной работы мотовила и режущего аппарата

- отметить на петле траектории точку A_1 , соответствующую положению конца планки в момент вхождения ее в хлебную массу (горизонтальная скорость планки в этот момент равна нулю);

определив тем самым крайнее положение стебля в момент окончания воздействия на него планки;

- из точки A_1 отложить вниз вертикальный отрезок A_1m , равный в выбранном масштабе средней длине стеблей l_c , и из нижней точки отрезка провести горизонтальную линию, соответствующую поверхности поля, от которой отложить в масштабе отрезок h_{cp} и провести горизонтальную пунктирную линию, соответствующую уровню движения режущего аппарата;

- из точки m радиусом l_c провести дугу и обозначить на второй ветви петли точку a , соответствующую выходу планки из стеблестоя, и соединить точку m с точкой a ,

из точки a радиусом R сделать засечку на линии движения центра мотовила, обозначить полученную точку O_3 и соединить ее с точкой a . Отрезок aO_3 определяет положение радиуса в момент окончания среза;

- на полученной схеме с учетом масштаба определить теоретическую ширину ΔX полосы стеблей, срезаемых при воздействии планки, и вынос b_{max} мотовила относительно режущего аппарата и записать в отчёте их значения с учетом выбранного масштаба.

Используя выражения 6 и 7, определить коэффициент η_1 воздействия мотовила на стебли.

Вычислить значение η_1' по формуле 9 и сравнить с результатом, полученным в предыдущем пункте.

Определить значение η_1'' по формуле 10 и сделать вывод о влиянии выноса оси мотовила вперед на коэффициент его воздействия на стебли.

Содержание отчёта. Отчёт должен содержать:

- наименование, исходные данные, цель и содержание работы;
- необходимые формулы и расчеты;
- траекторию движения планки мотовила и схему воздействия ее на стебли, вычерченную на миллиметровой бумаге формата А4, аналогично рисунку 1.

Работа 2

Анализ процесса работы сегментно-пальцевого режущего аппарата и определение его основных рабочих характеристик

Цель работы. Изучить графо-аналитические способы определения кинематических характеристик режущих элементов сегментно-пальцевого режущего аппарата, выявить зависимость показателей его работы от конструктивных и режимных параметров.

Теоретическая часть

Сегмент ножа режущего аппарата участвует в сложном движении. Оно складывается из относительного движения по уравнению $X = r(1 - \cos \omega t)$ и переносного по уравнению

$$Y = V_m \cdot t \quad (13)$$

где r - радиус кривошипа, м;

ω - угловая скорость кривошипа, рад / с;

V - скорость движения машины, м / с.

Любая точка сегмента будет двигаться по синусоиде, и лезвие сегмента при своем движении покроет площадь, ограниченную синусоидой и прямой, проходящей по оси пальца (противорежущей пластины). Эта площадь называется площадью подачи и определяется по формуле

$$F = L S \quad (14)$$

где L - перемещение машины за один ход ножа, м;

S - ход ножа, м.

Наибольшая часть площади подачи, на которой сегмент срезает стебли за один ход ножа у одного из пальцев, считается расчетной нагрузкой на лезвие и определяется типом режущего аппарата и связана с площадью подачи зависимостью

$$F_H = \kappa F \quad (15)$$

Для аппарата нормального резани с одинарным пробегом ножа $F_H = F$ и $\kappa = 1$. У двухпробежных аппаратов $\kappa = 0,32$.

Практическая часть

Содержание работы. Для заданных условий и типа режущего аппарата построить диаграммы движения активной части лезвия сегмента; графо-аналитическим способом определить диапазон скоростей сегмента в процессе резания, слагающую скорость резания вдоль лезвия; построить эпюру длины стерни; построить графики рабочих скоростей резания, изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия. Численные значения скоростей резания и слагающей скорости ножа вдоль лезвия свести в таблицу.

Исходные данные. Основные размеры сегментов и вкладышей, необходимые для построения графика пробега активной части лезвия приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

Для выполнения работы задаются следующие исходные данные; V_m – скорость машины, м/с; ω - угловая скорость кривошипа, рад/с; S - ход ножа, мм; тип режущего аппарата: H – нормальный, D - двухпробежный; h - высота установки ножа, см; примерные величины исходных данных приведены в таблице 3.

Таблица 2 - Варианты исходных данных

Тип режущего аппарата.	h_c , мм	f , мм	l , мм	t , мм	h' , мм	b_1 , мм	b_2 , мм	Тип машины
Нормальный с одинарным пробогом ножа, Р-3	75	21	16	76	57	22	22	Самоходные комбайны .
Р-1	80	25	16	76	59	37	21	Косилки.
Р-3	85	34	12	90	59	37	21	Жатки для грубостебельных культур.
Нормальный с удвоенным пробогом ножа.	75 70	21 22	17 15	76 50	57 57	22 37	22 21	Жатки Косилки

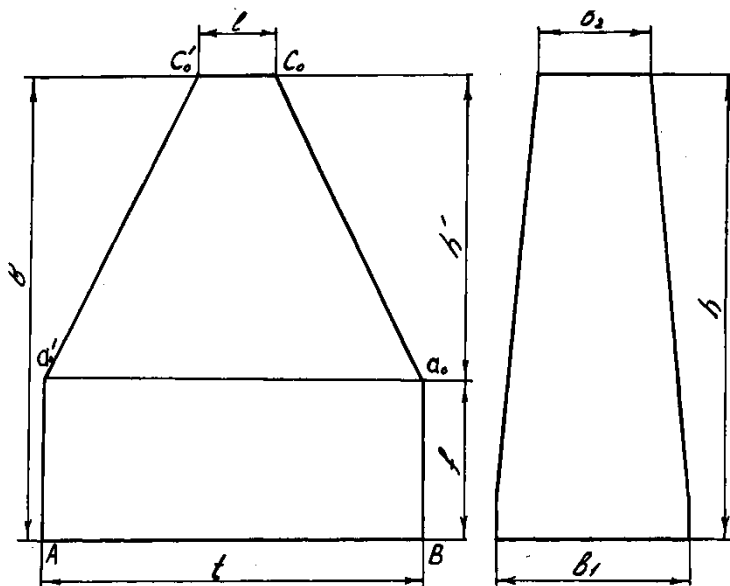


Рисунок 2 – Схема вкладыша и сегмента

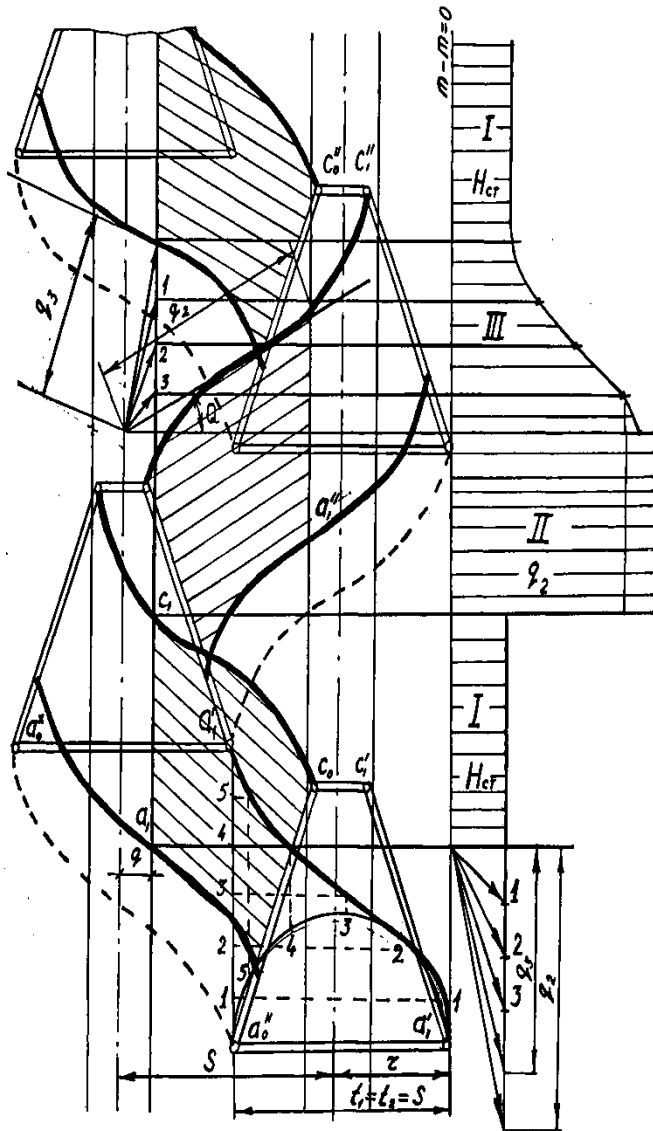


Рисунок 3 - схема построений диаграммы движения сегмента и эпюры длины стерни

Таблица 3 - Режимы работы режущего аппарата

№ п.п	Скорость движения машины, V_M , м/с	Угловая скорость вала кривошипа, ω , рад/с	Высота среза, h , см
1.	1,2 – 1,5	47 – 55	13 – 25
2.	1,2 – 3,3	70- 110	4-7
3.	1,8-3,0	55 – 65	6-20
4.	1,5 – 3,0	40 – 65	4-8

Порядок выполнения работы. Для построения графика пробега активной части лезвия находят подачу машины L (перемещение машины за один ход ножа) из зависимости:

$$L = \frac{\pi \cdot V_M}{\omega}, \text{ м} \quad (16)$$

где V_M - скорость машины, м / с;

ω - угловая скорость кривошипа, рад / с.

Далее выбирают масштаб построения и вычерчивают положение сегмента и следы противорежущей пластины пальца (рис. 3). Для аппарата нормального резания вычерчивают положение одного сегмента, а для аппарата с двойным пробегом нож - положение двух рядом расположенных сегментов за четыре последовательных хода ножа

Высота сегмента $h' = e - f$. Из нижней точки лезвия сегмента проводят полуокружность радиусом $r = \frac{S}{2}$ (S - ход ножа) и делят её и подачу L на одинаковое число частей, нумеруя точки. Точки пересечения горизонталей и вертикалей, проведенных из одноименных точек подачи L и полуокружности, являются точками синусоиды, по которой движется любая точка сегмента при его перемещении из одного крайнего положения в другое. Во время пробега при прямом ходе активным является отрезок лезвия $a_0'' c_0''$ (рис. 3), а при обратном ходе будет активной часть лезвия $a'_1 c'_1$ активной является только часть лезвия $a_0'' c_0''$ и $a'_1 c'_1$, что обусловлено имеющимися на пальцах выступами. Положение точки a_0'' определяется расстоянием от основания сегмента до линии опорных выступов пальцев. Для режущих аппаратов $m = 9 - 12$ мм, а аппаратов комбайнов $m = 0$,

Построим траектории абсолютного движения точек a_0'' , c_0'' , $a'_1 c'_1$. По построенной синусоиде вырезать шаблон и, пользуясь им, вычертим синусоиды, по которым будут двигаться точки a_0'' , c_0'' , $a'_1 c'_1$. Вычертить положение вкладышей пальцев и заштриховать площади, на которых активные части лезвия захватят и срежут стебли при прямом и обратном ходе.

График изменения высоты стерни можно построить для стеблей, расположенных в различных плоскостях. Наибольший интерес представляют растения, максимально отгибающиеся при срезе (расположенные вдоль оси пальцев). По графику пробега активной части лезвия постройте график изменения высоты стерни для растений, расположенных вдоль кромки противорезущей пластины. Для этого нанесите ширину вкладышей, приняв ее постоянной и равной b_0 :

$$b_0 = \frac{b_1 + b_2}{2} \quad (17)$$

Проведите линию одной из кромок вкладыша (m m) и от-

метьте группу стеблей, которые срезаются без отгиба, с поперечным отгибом и с продольным отгибом. Высота стерни в группе на отрезке a_1c_1 будет равна заданной высоте установки ножа над почвой. Для определения высоты стерни группы растений срезаемых с поперечным отклонением рассуждаем следующим образом. Стебли второй группы не попадают под лезвие при его прямом ходе. Все они отклоняются к кромке противоположного вкладыша и срезаются у нее при обратном ходе ножа. Приблизительно считаем - все растения этой группы будут отгибаться по касательной к синусоиде движения сегмента, имеющей минимальный угол наклона. Тангенс угла наклона этой касательной будет

$$\operatorname{tg} Q_{\min} = \frac{\alpha}{\pi r} \quad (18)$$

где Q ~ угол наклона касательной в точке перегиба синусоиды, град;

a - подача машины, м;

r - радиус кривошипа, м.

Для определения величины отгиба q_2 строят прямоугольный треугольник с катетами πr и L в зоне расположения растений второй группы. Гипотенуза этого треугольника даст направление отгиба стеблей, а отрезок, заключенный между осью симметрии одного пальца и режущей кромкой вкладыша соседнего пальца, будет величиной отгиба q_2 .

Чтобы определить высоту стерни H_{cm} для этой группы растений, надо отрезок q_2 из графика пробега активной части лезвия перенести на график стерни, отложив его перпендикулярно высоте установки ножа над полем. Гипотенуза треугольника, катеты которого равны величине отгиба q_2 и высоте установки ножа h , определяет высоту стерни H_{cm} для этой группы растений.

Для определения высоты стерни для растений, срезаемых с продольным отгибом, рассуждаем следующим образом, Так как эти растения отгибаются на различную величину, то и высота стерни для них

будет различной. Чтобы получить высоту стерни у этой группы растений, разбивают отрезок bd вдоль кромки вкладыша, на котором стебли отгибаются в продольном направлении, на несколько частей точками 1, 2, 3 и т.д. На оси симметрии пальца на уровне нижней границы третьего участка ставят точку и соединяют её с концами выше названных участков. Величина продольного отгиба стебля, оказавшегося на одной из частей отрезка (2-й, 1-й и т.д.), откладывается перпендикулярно высоте установки ножа h . Гипотенузы треугольников, у которых один катет равен высоте установки ножа h , а другой - различным значениям продольного прогиба, определяют длины оставшихся после среза частей растений. Полученные величины высоты стерни переносятся на участок графика, где эти стебли расположены. В результате построений получаем график изменения высоты стерни.

График изменения рабочей скорости резания строится в функции от перемещения ножа по зависимости $V_n = \omega\sqrt{2xr - x^2}$. Выбрав масштаб $\lambda = \omega$ и выражая скорость ножа изменением координаты Y , имеем

$$Y = \frac{V_n}{\omega} = \sqrt{2xr - x^2} \quad (19)$$

Это уравнение окружности радиусом r с центром, смещённым относительно начала координат на величину радиуса.

Скорость резания определяют в следующем порядке (рис.4). Вычерчивают положение вкладыша и лезвия соседнего сегмента для аппарата нормального одинарным пробегом ножа, положение лезвия сегмента и двух вкладышей - для двухпробежного (Рисунок 5).

Радиусом r проводят окружность так, чтобы крайняя нижняя точка активной части лезвия a_0 совпала с началом координат (началом дуги полуокружности). Ординаты полуокружности в масштабе изображают скорости ножа (резания), соответствующие

щие его перемещению.

Процесс резания растений осуществляется по принципу ножниц, поэтому срезание растений начнется в тот момент, когда лезвие сегмента $a_0 c_0$ встретится с лезвием вкладыша пальца, и закончится, когда точка C_0 лезвия коснется вкладыша пальца. Через точки встречи лезвий сегмента и вкладыша проводят линии, параллельные лезвию $a_0 c_0$ до пересечения с осью абсцисс. Ординаты точек a_n и a_k являются искомыми скоростями начала V_H и конца V_K резания.

Таким же образом находят скорости и при обратном ходе ножа.

В режущем аппарате с двойным пробегом ножа определяют скорости начала V_H и конца V_K у среднего и у крайнего пальцев.

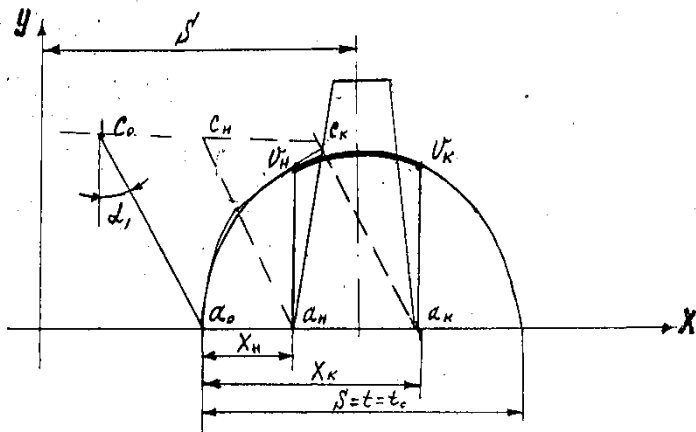


Рисунок 4 – Схема к определению диапазона скоростей резания аппаратом с одинарным пробегом ножа

Численное значение всех скоростей резания получают умножением величины соответствующей ординаты Y графика

на масштаб, т. е.

$$V_H = / y_H / \cdot \omega, \text{ м/с} \quad V_K = / y_K / \cdot \omega, \text{ м/с}$$

Изменение скорости резания в процессе работы режущей пары характеризуется отрезком дуги полуокружности, заключенным между ординатами Y_H и Y_K

График слагающей скорости ножа вдоль лезвия строится по зависимости

$$V_n = V_H \cdot \sin \alpha - V_M \cdot \cos \alpha \quad (20)$$

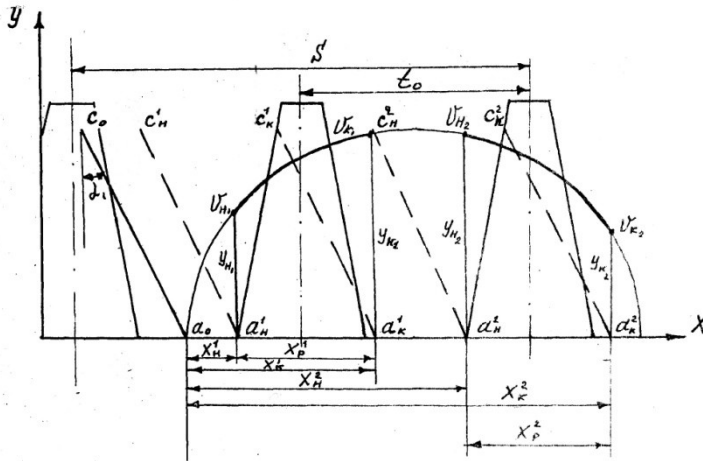


Рисунок 5 – Схема к определению диапазона скоростей резания аппаратом с двойным пробегом ножа

где V_H - скорость ножа в относительном движении, м / с;

V_M - скорость машины, м /с;

α - угол лезвия сегмента с направлением перемещения машины, град. Так как скорость ножа в функции от его перемещения выражается зависимостью

$$V_H = \omega \sqrt{2xr - x^2} \quad (21)$$

то

$$V_n = \omega\sqrt{2xr - x^2} \cdot \sin \alpha - V_m \cdot \cos \alpha \quad (22)$$

В координатах X и Y первый член уравнения представляет собой эллипс (рис.6), а второй член - прямую, параллельную оси абсцисс.

В зависимости от заданных значений V_m и ω график может иметь три различных вида. По виду графика можно судить о качестве работы режущего аппарата. Если слагающая скорости ножа вдоль лезвия за время хода ножа меняет направление, то это способствует равномерному распределению растений по лезвию и качественному срезу.

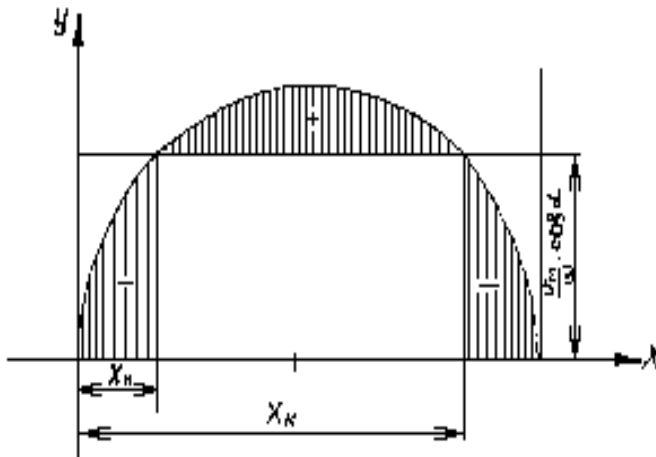


Рисунок 6 – График составляющих слагаемой скорости резания вдоль лезвия

Если направление не меняется (V_n), то качество работы режущего аппарата неудовлетворительное. Если по заданным исходным данным получается вид графика с постоянным направлением скорости вдоль лезвия, студент обязан решить, за

счет каких параметров исходных данных и в каком размере нужно их заменить, чтобы характер графика соответствовал качественной работе режущего аппарата, и проделать эти расчеты.

Ординаты, представляющие разность расстояний от оси абсцисс до точек эллипса и от оси до прямой, и будут значениями величин скоростей ножа вдоль лезвия сегмента. Начало и конец резания отмечаются на графике соответствующими координатами, взятыми из графика скорости резания. Численные значения соответствующей скорости ножа вдоль лезвия $V_{л}$ получим, если ординаты, соответствующие X_n и X_k умножим на масштаб $\omega \cdot \sin \alpha$ со своими знаками.

Содержание отчёта. Графическая часть отчёта выполняется на листе чертежной бумаги формата А3 или А4. На нем размещают; графики пробега активной части лезвия ; площади подачи и изменения высоты стерни ; графики рабочих скоростей резания и изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия сегмента, а также чертеж режущей пары.

В описательной части отчёта указывают название работы, номер варианта, цель и содержание работы, приводят все требуемые расчёты.

Работа 3

Выбор рациональных режимов работы молотильного аппарата

Цель работы. Изучить динамику вращения молотильного барабана в зависимости от его конструктивных параметров и характеристик обмолачиваемой массы. Научиться определять режимы качественной и устойчивой работы молотильного аппарата в различных условиях.

Теоретическая часть

От режима работы молотильного аппарата зависит качество обмолота и производительность молотильного устройства. Оптимальным следует считать режим, при котором обеспечивается максимальная производительность (пропускная способность) при удовлетворительном качестве обмолота, удовлетворяющем агропретребованиям.

Одним из регулирующих параметров, определяющим пропускную способность и качество обмолота, является частота вращения барабана ω . Пропускная способность и частота вращения барабана зависят от мощности, подводимой к барабану.

Взаимосвязь между подводимой мощностью, параметрами барабана – (частотой ω , моментом инерции I) и подачей хлебной массы раскрывается основным уравнением молотильного барабана (впервые выведено В.П. Горячкиным).

Суть этой теории состоит в том, что подводимая к барабану мощность N тратится на преодоление полезных N_{Π} и вредных N_{BP} сопротивлений, т.е.

$$N = N_{\Pi} + N_{BP} \quad (23)$$

При этом
$$N_{\Pi} = P \cdot U, \quad (24)$$

где P – окружное усилие на барабане, Н;

U – окружная скорость бил барабана, м / с.

Процесс обмолота заключается в нанесении ударов билами и протаскивании хлебной массы в молотильный зазор между барабаном и подбарабаньем. Суммарное окружное усилие P при этом определяется по формуле:

$$P = P_1 + P_2, \quad (25)$$

где P_1 – сила ударов бил о массу, Н;

P_2 – окружное усилие, возникающее за счёт преодоления сил трения при протаскивании массы в молотильном зазоре, Н.

Исходя из теории удара, можно получить

$$P_1 = q \cdot (V_2 - V_1), \quad (26)$$

где q – подача массы в молотильный аппарат, кг / с ;

V_1 – скорость подачи массы в молотильный аппарат, м/с;

V_2 – приобретаемая скорость массы после удара билами, м / с.

У современных комбайнов $V_1 = 3 \dots 5$ м / с; $V_2 = \alpha \cdot U$, $\alpha = 0,5 \dots 0,85$ и зависит от скорости приемного битера, вида и состояния хлебной массы и направления подачи ее в молотильный аппарат. Подача может быть определена по формуле

$$q = 0.01 \frac{BV_M Q}{\beta} \quad (27)$$

где B – ширина захвата комбайна, м;

V_M – скорость комбайна, м / с;

Q – урожайность зерна, ц / га;

β – содержание зерна в хлебной массе

Усилие на протаскивание хлебной массы в молотильный зазор пропорционально общему окружному усилию и может быть выражено как

$$P_2 = fP \quad (28)$$

где f – коэффициент перетирания . Для бильного барабана $f = 0,65 \dots 0,75$.

К вредным сопротивлениям при работе относится трение в подшипниках барабана и сопротивление воздушного потока (при холостом ходе сопротивление молотильного аппарата аналогично сопротивлению вентилятора):

$$N_2 = A\omega + B\omega^3, \quad (29)$$

где A и B – экспериментальные коэффициенты .

С учетом всего изложенного первоначальное выражение примет вид

$$N = \frac{q(V_2 - V_1)U}{1 - f} + A\omega + B\omega^3, \quad (30)$$

Экспериментально доказано, что $V_2 - V_1 = \alpha' \cdot U$, тогда формула (30) преобразуется:

$$N = \frac{q\alpha'U^2}{1 - f} + A\omega + B\omega^3, \quad (31)$$

где α' – коэффициент, учитывающий характер изменения скорости массы за время прохождения через молотильный зазор.

При известных α и скорости подачи V_1 коэффициент α' можно подсчитать по формуле:

$$\alpha' = \alpha - \frac{V_1}{U}, \quad (32)$$

Такая же по величине мощность двигателя затрачивается и на разгон молотильного барабана при отсутствии подачи хлебной массы.

$$N = I\omega \frac{d\omega}{dt} + A\omega + B\omega^3 \quad (33)$$

Приравняв выражения (31) и (33), получим основное уравнение молотильного барабана

$$N = I\omega \frac{d\omega}{dt} + A\omega + B\omega^3 = \frac{q\alpha'U^2}{1 - f} + A\omega + B\omega^3 \quad (34)$$

Из формулы (34) следует, что если подводимая к барабану мощность N превышает мощность сопротивлений, то барабан будет иметь ускорение разгона (приход ускорения).

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{N}{I\omega} \quad (35)$$

При этом $\frac{d\omega}{dt} = F(\omega)$ представляет собой гиперболическую зависимость.

Из выражения (34) также следует, что если мощность сопротивлений будет больше подводимой мощности, то барабан будет иметь ускорение торможения (расход ускорения)

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{q\alpha'U^2}{(1-f)I\omega} \quad (36)$$

Заменив U на ωr (r – радиус барабана), получим :

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{q \cdot \alpha' r^2}{I(1-f)} \omega, \quad (37)$$

Это уравнение представляет прямую, выходящую из начала координат. (смотри рисунок 7) Точка A пересечения прямой и гиперболы характеризует равенство подводимой и расходуемой энергии и соответствует критическому значению частоты вращения барабана $\omega_{кр}$.

При постоянной подаче рационально работать при $\omega_{кр}$. На практике же имеет место большая неравномерность подачи в пределах $0,67 \dots 1,33 q$. Поэтому, во избежание забивания барабана, рабочее значение ω'_1 должно соответствовать точке B , рассчитанной на неравномерность подачи до $1,33 q$. Однако при этом должно соблюдаться условие

$$r \omega'_1 > [U] \quad (38)$$

где $[U]$ – минимально допустимая окружная скорость барабана, при которой обеспечивается качественный технологический процесс.

Если условие выполняется, то необходимо уменьшить подачу q (скоростью движения комбайна), что позволит увеличить ω , а следовательно, и окружную скорость барабана U . Допустимое значение окружной скорости $[U]$ и чугловой скорости $[\omega]$ соответствует точке B_1 . Проходящая через нее прямая характеризует расход ускорения при минимально допустимом значении окружной скорости барабана и соответствует минимуму подачи q_1' при обеспечении требуемой полноты обмолота и забываемости молотильного аппарата.

Фактически же средняя рабочая подача будет в 1,33 раза меньше, т.е.

$$q = \frac{q_1'}{1,33} \quad \text{или} \quad q = 0,67q_1' \quad (39)$$

Содержание работы. Определить возможность выполнения технологического процесса обмолота для данных, указанных в варианте, для чего построить графики прихода и расхода ускорения, проверить соответствие рабочей частоты барабана, допустимой по технологическим условиям, и если условия не выполняются, то определить допустимую подачу и скорость комбайна, при которой барабан будет работать в режиме устойчивого и качественного обмолота.

Исходные данные. Конструктивные, режимные и другие исходные данные по вариантам приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Исходные данные по вариантам

Вари-ант	q , кг/с	D , мм	$[U]$, м/с	V_1 , м/с	α	f	J , м ⁴	N_1 , кВт	Q , ц/га	B , м	β
1.	4	450	25	3	0,7	0,65	8	4,1	20	3,2	0,25
2.	5	500	25	3,5	0,71	0,66	10	5,9	22	3,2	0,3
3.	6	550	26	4	0,62	0,67	12	6	24	4,1	0,35
4.	7	580	27	4,5	0,53	0,68	14	7,5	25	4,1	0,4
5.	8	600	28	4,8	0,54	0,69	16	7,2	26	5	0,45
6.	9	650	29	5	0,65	0,7	18	11	27	5	0,5
7.	10	700	30	5	0,6	0,71	20	14	28	6	0,45
8.	4,5	500	31	4,8	0,77	0,72	9	10,1	29	6	0,4
9.	5,5	530	32	3,2	0,68	0,73	11	6,9	30	3,2	0,35
10	6,5	580	25,5	3,4	0,59	0,74	13	8,4	31	4,1	0,3
11	7,5	600	27,5	3,6	0,5	0,75	15	5,5	32	5	0,3
12	8,5	620	28,5	3,8	0,51	0,72	17	11,6	33	6	0,35
13	9,5	680	29,5	4	0,62	0,7	19	14	34	5	0,45
14	4,2	480	30,5	4,2	0,8	0,68	8,5	8,4	35	4,1	0,25
15	5,2	500	31,5	4,6	0,84	0,66	10,5	13	36	3,2	0,3
16	6,2	540	25,8	3,3	0,75	0,63	13,5	10,2	37	3,2	0,35
17	7,2	560	26,8	3,5	0,62	0,65	15,5	8,5	34	4,1	0,4
18	8,2	600	28,8	3,9	0,5	0,67	16,5	6,5	38	5	0,45
19	9,2	640	29,8	4,1	0,58	0,69	18,5	11,5	32	6	0,45
20	4,4	480	30,8	4,3	0,76	0,71	8,5	8	31	3,2	0,4
21	5,4	560	31,8	4,7	0,64	0,73	11	9,5	30	6	0,35
22	6,4	600	25	4	0,52	0,75	13	6	29	4,1	0,4
23	7,4	650	26	4,7	0,6	0,65	15	8,9	28	4,1	0,45
24	8,4	700	27	3,7	0,63	0,7	17	8,4	27	6	0,5
25	4,6	530	28	3,9	0,7	0,75	8,5	6,1	26	6	0,3
26	5,6	580	29	4,1	0,67	0,73	12	10,1	24	5	0,35
27	7,6	600	30	4,3	0,5	0,75	15	6,5	25	5	0,4
28	6,8	620	31	4,7	0,6	0,77	14	7,5	24	4	0,45
29	6,6	650	32	3	0,7	0,76	12	8,5	23	4,1	0,35
30	10	600	30	5	0,6	0,7	14	8,2	22	4,2	0,46

Исходные данные: q_1 – предлагаемая подача хлебной массы; D – диаметр барабана; $[U]$ – минимальная окружная скорость барабана для обеспечения полного вымолота зерна; U_1 – скорость подачи массы в молотильный аппарат; α – коэффициент, характеризующий скорость массы в зависимости от скорости бича; f – коэффициент трения; J – приведенный момент инерции барабана; N_l – мощность на преодоление полезных сопротивлений; Q – урожайность культуры; B – ширина захвата жатки; β – доля зерна в хлебной массе.

Порядок выполнения работы. По формуле (35) рассчитайте график прихода ускорения в зависимости от ω , задавая последнему значения в пределах 50...140 с⁻¹, и данные запишите в таблицу 4.

Таблица 5 - Точки графика прихода ускорения

$\omega, \text{с}^{-1}$	50	60	70	80	90	100	120	130	140
$\frac{d\omega}{dt}, \text{с}^2$									

Используя формулы (32) и (37), подсчитайте α' и расход ускорения для заданной подачи q_1 при одном значении ω , например 100 с⁻¹, без учёта мощности на преодоление вредных сопротивлений

На миллиметровой бумаге (формат А4) постройте график прихода и расхода ускорения (Рисунок 7) и на оси абсцисс отметьте точку $\omega_{кр}$. При этом шкалы графиков $\frac{d\omega}{dt} = F(\omega)$ следует отсчитывать с нуля, что облегчит дальнейшее построение.

Используя $[U]$ рассчитайте и отметьте на оси абсцисс точку, соответствующую минимально допустимой угловой скорости барабана $[\omega]$.

Проверьте соблюдение условия $\omega_{кр} \geq [\omega]$

Если условие рис.7 не выполняется, то определите максимально допустимую подачу q_1' и соответствующую ей скорость машины, для чего отметьте на параболе точку B , соответствующую $[\omega]$, и проведите через нее прямую расхода мощности; определите величину максимальной подачи из формулы (37).

Определите величину рабочей подачи, уменьшив максимально допустимую подачу в 1,33 раза, постройте для неё график расхода ускорения и рассчитайте рабочую скорость машины из выражения (27). Отметьте на рисунке диапазон допустимых рабочих угловых скоростей барабана.

Содержание отчета

- краткое описание работы;- исходные данные;
- необходимые формулы и расчеты;
- графики прихода и расхода ускорения (формат А-4) со всеми построениями, относящимися к выбору частоты вращения барабана и средней рабочей $[U]$ подачи хлебной массы.

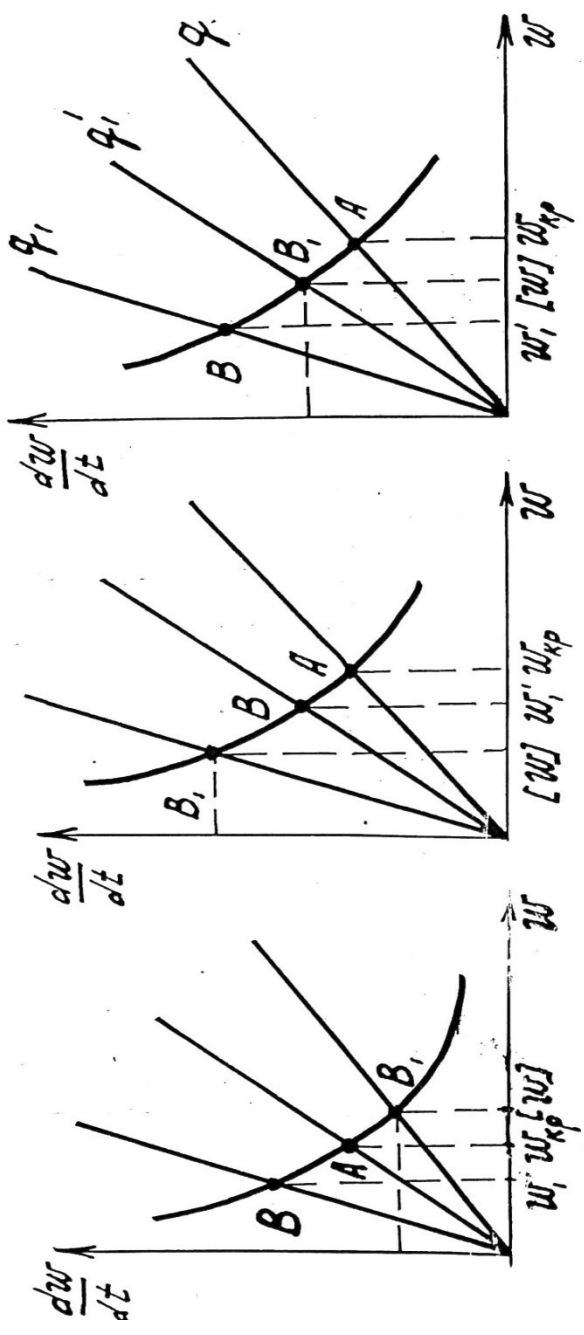


Рисунок 7 – Графики зависимости прихода и расхода ускорения от w

Работа 4

Определение основных параметров соломотряса

Цель работы. Изучить процесс работы соломотряса. Оценить эффективность его работы при заданных конструктивных и режимных параметрах.

Теоретическая часть

Соломотрясы предназначены для выделения из соломы и мелкого вороха (зерна, соломы), направления его на очистку и удаления соломы из молотильного аппарата. В существующих комбайнах получил распространение двухвальный клавишный соломотряс, все точки клавиши которого совершают движение по окружности. Двухвальные клавишные соломотрясы бывают четырёх-, пяти- и шестиклавишные в зависимости от ширины молотилки. При ширине молотилки до 1200 мм применяется четырёхклавишный, а при 1500 мм и более - пяти- и шестиклавишный.

Качественные показатели работы соломотряса во многом определяются его кинематическими параметрами. Существенное влияние на выделение зерна оказывает скорость движения соломы по соломотрясу, которая во многом определяется показателем K кинематического режима:

$$K = \frac{\omega^2 r}{g}, \quad (40)$$

где ω - скорость вращения коленчатого вала;

r - радиус колена вала.

$$g = 9.8 \text{ м/с}^2$$

Для четырёхклавишного соломотряса $K=2,2-2,7$, для пятиклавишного - $1,1-1,5$.

Практическая часть

Содержание работы. Определить ширину B , длину L соломотряса, скорость вращения коленчатого вала на основании исходных данных. Построить траекторию движения подброшенной массы, определить фазу соударения и оценить её оптимальность

Исходные данные. К исходным данным относятся: q - секундная подача хлебной массы, δ - содержание зерна в хлебной массе, ε - коэффициент сепарации зерна декой, L_{σ} -ширина молотильного аппарата, γ_c - объёмная масса соломы,

Таблица 6 - Варианты исходных данных

Вариант	q кг/с	δ	ε	γ_c кг/м ³	L_{σ}	K	r	α	Z
1.	4,0	0,35	0,90	22	1,2	2,2	0,050	6	4
2.	4,5		0,85			2,4	0,050	8	
3.	5,0		0,80			2,3	0,055	10	
4.	4,8		0,80			2,5	0,052	5	
5.	3,5	0,25	0,90	20	1,4	2,6	0,048	6	4
6.	4,0		0,85			2,5	0,050	9	
7.	5,0		0,80			2,4	0,054	5	
8.	5,2		0,80			2,3	0,080	8	
9.	4,3	0,25	0,85	15	1,2	2,4	0,048	9	4
10.	4,6		0,83			2,6	0,050	8	
11.	3,5		0,80			2,7	0,045	8	
12.	3,8		0,87			2,2	0,050	6	
13.	6,0	0,30	0,82	20	1,4	2,6	0,055	5	4
14.	5,3		0,80			2,5	0,050	8	
15.	4,4		0,84			2,3	0,052	6	
16.	3,9		0,87			2,7	0,050	9	
17.	3,7	0,30	0,88	18	1,2	2,6	0,045	10	4
18.	4,1		0,84			2,4	0,050	6	
19.	4,9		0,86			2,3	0,050	5	
20.	5,2		0,80			2,2	0,052	8	
21.	5,5	0,35	0,80	20	1,4	2,4	0,055	6	4
22.	5,1		0,80			2,3	0,050	8	
23.	4,0		0,85			2,6	0,048	10	
24.	4,5		0,85			2,5	0,052	6	
25.	4,2		0,82			2,4	0,043	8	

K - показатель кинематического режима, r - радиус коленчатого вала, α - угол наклона клавиши к горизонту, Z - число клавиш.

Порядок выполнения работы

Определить ширину соломотряса

$$B=1,1 \cdot L_6 \quad (41)$$

Определить скорость вращения коленчатого вала

$$\omega = \sqrt{\frac{Kg}{r}} \quad g=9,8\text{м/с} \quad (42)$$

Определить перемещение S соломы за одно подбрасывание. Для этого необходимо выбрать начало координат в точке 0 (рисунок 8) и направить ось X вдоль клавиш. Тогда фаза подбрасывания определится из условия:

$$\sin \omega t_1 = -\frac{\cos \alpha}{K} \times C \quad (43)$$

где C - коэффициент, учитывающий запаздывание подбрасывания, обусловленное упругостью слоя соломы.

Коэффициент C можно определить по величине K из графика (рисунок 9). После подбрасывания солома будет совершать свободный полёт. Траектория её движения вдоль осей X и Y будет:

$$X = -r \cos \omega t_0 + (\omega r \sin \omega t_0)t - \frac{gt^2}{2} \sin \alpha \quad (44)$$

$$Y = r \sin \omega t_0 + (\omega r \cos \omega t_0)t - \frac{gt^2}{2} \cos \alpha \quad (45)$$

Задавая значениями Δ с интервалом 0,03-0,04, рассчитать X и Y и расчёты свести в таблице.

Таблица 7 - Значения координат полёта массы

	$t_0=0$	$t_1=\Delta$	$t_2=2\Delta$	$t_3=3\Delta$	$t_4=4\Delta$	$t_5=5\Delta$
X						
Y						
ω						

По полученным значениям X и Y построить траекторию движения соломки (рисунок 8). Клавиша будет совершать круговое движение и ось колена вала будет занимать положение $1'$, $2'$, $3'$ и т. д.

Точки $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. можно определить, откладывая угол от положения колена вала в момент подбрасывания. Когда ординаты одновременных точек в которых находится солома и клавиши, будут одинаковы (рис.8, точки $6'$ и 6), произойдёт встреча соломки с клавишей. Если ординаты одновременных точек не совпадают, то момент встречи можно уточнить путём интерполяции. Через точку, соответствующую положению колена вала в момент встречи (на рисунке 8 точка 6), провести линию параллельную оси X, и на ней заменить расстояние S.

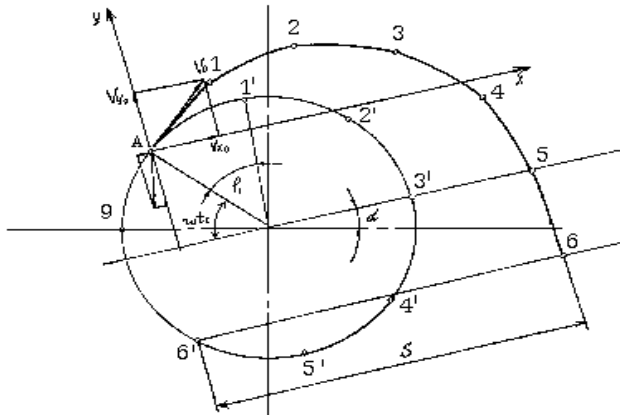


Рисунок 8 – Схема к определению фазы соударения

В масштабе оно будет представлять дальность перемещения соломы за одно подбрасывание.

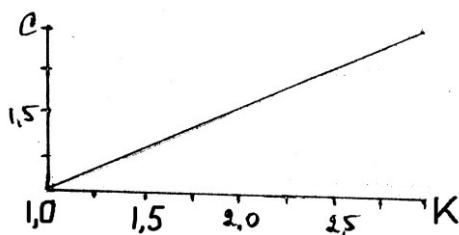


Рисунок 9 – Зависимость $C = F(K)$

Определить среднюю скорость перемещения соломы по соломотрясу:

$$V_{cp} = s \frac{\omega}{2\pi} \quad (46)$$

Определить толщину слоя соломы на соломотрясе:

$$h = \frac{g(1-\delta)}{BV_{cp}\gamma} \quad (47)$$

Определить коэффициент сепарации:

$$\mu = \mu_0 - \frac{h_0}{h} \quad (48)$$

где $\mu_0 = 0,018$ 1/см при толщине слоя соломы $\varnothing_0 = 200$ мм.

Определить длину соломотряса:

$$L = \frac{1}{\mu} \ln \frac{(1-\varepsilon)100}{p} \quad (49)$$

где P- процент допускаемых потерь зерна соломотряса ($P=0,5\%$)
При расчётах L можно воспользоваться таблицей 8.

Таблица 8 - Значения логарифмов

X	ln	X	ln	X	ln	X	ln
20	3,0	26	3,26	31	3,44	36	3,59
21	3,04	27	3,30	32	3,47	37	3,61
22	3,09	28	3,33	33	3,50	38	3,64
23	3,14	29	3,37	34	3,53	39	3,67
24	3,10	30	3,40	35	3,56	40	3,69
25	3,22						

Содержание отчета. Записать название работы, вариант, исходные данные, цель работы. Выполнить требуемые расчёты и построения. Сделать выводы.

Работа 5

Расчёт параметров очистки комбайна

Цель работы. Научиться выполнять расчёт основных параметров решёт и вентилятора и компоновать систему очистки зерноуборочного комбайна в конкретных условиях работы.

Теоретическая часть

Ширина решёт определяется по формуле:

$$B_p = q_B / q_0 \quad (50)$$

где q_B – подача вороха на очистку, кг/с;

q_0 – удельная нагрузка на единицу ширины решета кг/с дм, ($q_0 = 0.1 \dots 0.17$);

Площадь решёт определяется по допустимой удельной нагрузке на 1 метр квадратный, кг/с м²

$$F_p = q_B/q_F \quad (51)$$

где q_F – удельная нагрузка на единицу площади решета, кг/с м², ($q_F = 1.5 \dots 2.5$);

– Длина решета определяется по формуле

$$L_p = F_p/B_p \quad (52)$$

Расчёт вентилятора очистки комбайна сводится к подбору его аэродинамических параметров, обеспечивающих создание необходимого давления и расхода воздуха (рисунок 10).

Для удаления с решёт лёгких примесей сквозь них должен быть обеспечен поток воздуха со скоростью $V > V_{кр}$

$$V = \alpha V_{кр} \quad (53)$$

где $V_{кр}$ – скорость витания примесей, м/с;

α - коэффициент превышения критической скорости воздушного потока.

Кроме того, установлено, что существует некоторое предельное минимальное количество воздуха (W_0 , м³/с), которое, перемещаясь с некоторой скоростью, способно целиком поднимать материал, поступающий в область потока в количестве q' кг/с.

$$\lambda_0 = W_0/q', \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (54)$$

Тогда λ_0 может служить показателем наименьшего удельного расхода воздуха на каждый кг подачи, м³/кг

Зависимость между скоростью потока воздуха и его удельным расходом для ячменя, ржи и овса с небольшой примесью половы представлена на рисунке 10а.

Если учесть, что подача воздуха должна быть с некоторым

запасом $W=W_0\alpha'$ где $\alpha' = 1.1\dots 1.25$, то расход воздуха при подъёме зернового материала:

$$W = \alpha'q'\lambda_0 \quad (55)$$

где q' – количество удаляемого материала, $q' = 0.3q_B$.

Исходное давление, создаваемое вентилятором, можно представить в виде суммы статического h_C и динамического h_d .

$$H = \frac{h_C + h_d}{\eta} \quad (56)$$

где η – к. п. д. вентилятора. Можно принять $\eta = 0.5$

Статическое давление h_c расходуется на преодоление сопротивлений воздушным потоком, а динамическое h_d – на сообщение воздуху кинетической энергии. Кинетическая энергия воздушного потока определяется по формуле:

$$L = \frac{mV^2}{2} = \frac{\rho W}{2} V^2 \quad (57)$$

где ρ - плотность воздуха, 1.2 кг/м^3 .

Кинетическая энергия 1м^3 воздуха называется динамическим давлением и определяется выражением:

$$h_d = \rho V^2/2, \quad (58)$$

т. е. равно кинетической энергии 1 м^3 воздуха.

Статическое давление зависит от сопротивления сети. Сопротивления сети составляют: сопротивления каналов по длине,

местные сопротивления, сопротивления сужений, расширений, поворотов, сеток и т. д. в общем виде статическое давление в зависимости от общего сопротивления сети определяется по формуле:

$$h_c = \frac{1-K^2}{K^2} h_d \approx \frac{(1-K^2)\rho V^2}{2K^2} \quad (59)$$

где $K = \frac{F_{\text{э}}}{F}$

F – площадь сечения выходного отверстия вентилятора, м²;

$F_{\text{э}}$ – площадь эквивалентного сечения по опытным данным, м²;

$$K = 0.22 \dots 0.24.$$

Тогда полное давление определяется по формуле:

$$H_{\text{т}} = \frac{(1-K)^2 \rho V^2}{2K^2 \eta} + \frac{\rho V^2}{2\eta} \quad (60)$$

Ширину вентилятора принимают равной ширине решёт:

$$B_{\text{к}} = B_{\text{р}} \quad (61)$$

Высоту выходного отверстия определяют по формуле из условия обеспечения требуемого расхода воздуха при заданной скорости

$$W = B_{\text{к}} S V \quad (62)$$

откуда
$$S = \frac{W}{B_{\text{к}} V}$$

Однако, учитывая, что струя воздуха должна обдувать решето по всей длине высоту выходного сечения корректируют

по формуле:

$$S = \frac{L_p + \alpha}{\cos \beta / \sin(\delta - \beta) - K_0} \quad (63)$$

где L_p – длина решета, м;

α – координата начала решета относительно верхнего ребра канала, м;

$\beta = 6 \dots 88$ – угол расширения струи;

$\delta = 25 \dots 30^\circ$ – угол наклона воздушного потока к плоскости решета;

$K_0 = 0.5 \dots 0.6$ – коэффициент, учитывающий отклонение потока решетом.

Диаметр входного отверстия d_0 находят из условия получения наименьших потерь энергии воздуха при входе на колесо по формуле:

$$d_0 = 2,57 \sqrt[3]{\Delta \lambda_0 W / [\mu_0 (1 - \varphi_0) n]} \quad (64)$$

где $\Delta = 0.55 \dots 0.85$ – коэффициент использования входного отверстия;

$$\lambda = d_0 / d_1 \approx 1.9$$

$\mu_0 = 0.8 \dots 1$ – коэффициент поджатия потока;

$\omega_0 = 0.42 \dots 0.46$ – коэффициент предварительного закручивания потока;

n – частота вращения колеса вентилятора (для сельскохозяйственных вентиляторов $n = 450 \dots 1000 \text{ мин}^{-1}$).

Тогда $d_0 = (0.52 \dots 0.79) d_2$.

Внешний диаметр крыльчатки определяется по формуле:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (65)$$

Теоретический напор, создаваемый вентилятором определяется по формуле:

$$H_T = \rho V_2^2 \left(A - B \frac{W}{V_2 d_2^2} \right) \quad (66)$$

где $A = 1 - \frac{d_1^2}{d_2^2} = 1 - \lambda^2$; $B = \frac{tg \alpha_2 - tg \alpha_1}{\pi B_K}$ являются

постоянными коэффициентами для одного и того же вентилятора.

Если учесть конечное число лопастей (коэффициент Н), гидравлические потери при входе потока в отверстие, при повороте потока, на удар при входе в колесо, на трение о лопатки, на выходе из колеса, на трение о кожух, то уравнение действительной напорной линии будет иметь вид:

$$H_3 = H_0 - R'W - R''W^2;$$

$$H_d = \rho V_2^2 H (1 - \lambda^2); \quad (67)$$

$$R' = \rho V_2^2 H \frac{tg \alpha_2 - tg \alpha_1}{\pi K_B d_2^2} \quad (68)$$

где $K_B = \frac{B_K}{d_2}$

$$R'' = \frac{2\rho\alpha}{\pi^2 d_0^2} + \frac{\lambda_e^2 \rho}{2\pi D_1^2 B_K^2 \cos^2 \alpha' \mu_t^2 \mu_0^2} \quad (69)$$

μ_t – коэффициент, учитывающий перекрытие поверхности воздуха лопастями;

λ_e – коэффициент сопротивления, характеризующий потери давления, связанные с протеканием воздуха между лопастями.

Мощность, потребляемую вентилятором определяют по формуле:

$$N = \frac{WH_T}{\eta_n 10^3}, \text{ кВт} \quad (70)$$

где η – к. п. д. передачи. $\eta = 0.95 \dots 0.98$

Практическая часть

Содержание работы. Используя исходные данные варианта рассчитать:

ширину, площадь, длину решёт очистки комбайна;

требуемую рабочую скорость воздушного потока, расход воздуха, теоретическое давление, диаметр входного окна d_0 , внутренний d_1 и внешний d_2 диаметры колеса вентилятора, ширину и высоту выходного окна, потребляемую вентилятором мощность. Скомпоновать расположение решёт и вентилятора очистки.

Исходные данные. Необходимыми исходными данными для выполнения работы являются: q_v – подача вороха на очистку, кг/с; q_0 – удельная нагрузка на единицу ширины решета кг/с дм; q_F – удельная нагрузка на единицу площади решета, кгс/м²; $V_{кр}$ – скорость витания примесей, м/с; α – коэффициент превышения критической скорости воздушного потока; η – к. п. д. вентилятора; K – соотношение эквивалентной и фактической площадей сечения выходного окна вентилятора; μ_0 – коэффициент поджата потока; ω_0 – коэффициент предварительного закручивания потока; n – частота вращения колеса вентилятора; α_1 – угол наклона начальной части лопасти, град; α_2 – угол наклона конечной части лопасти, град; Значения исходных данных приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Значения исходных данных по вариантам

№ п/п	Q _в , кг/с	Q ₀ , кг/с дм	Q _Ф , кг/с м ²	V _{кр} , м/с	α	α'	η	k	μ_0	φ_0	n, мин ⁻¹	α_1 , град	α_2 , град	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	3,1	0,11	1,50	1,0	1,4	1,11	0,70	0,22	0,81	0,42	450	20	13	
2	3,2	0,12	1,55	1,2		1,12	0,71	0,23	0,82	0,43	460	21	14	
3	3,3	0,13	1,60	1,4		1,13	0,72	0,24	0,83	0,44	470	22	15	
4	3,4	0,14	1,65	1,6		1,14	0,73	0,22	0,84	0,45	480	23	16	
5	3,5	0,15	1,70	1,8		1,15	0,74	0,23	0,85	0,46	790	24	17	
6	3,6	0,16	1,75	2,0		1,16	0,75	0,24	0,86	0,42	500	25	18	
7	3,7	0,15	1,80	2,2		1,17	0,76	0,22	0,87	0,43	510	26	19	
8	3,8	0,14	1,85	2,4		1,18	0,77	0,23	0,88	0,44	520	27	20	
9	3,9	0,13	1,90	2,6		1,19	0,78	0,24	0,89	0,45	530	28	21	
10	4,0	0,12	1,95	2,8		1,20	0,79	0,22	0,90	0,46	540	29	22	
11	4,1	0,11	2	3,0		1,21	0,80	0,23	0,91	0,42	550	30	23	
12	4,2	0,12	2,05	3,3	1,3	1,22	0,81	0,24	0,92	0,43	560	31	24	
13	4,3	0,13	2,10	3,4		1,23	0,82	0,22	0,93	0,44	570	32	25	
14	4,4	0,14	2,15	3,6		1,24	0,83	0,23	0,94	0,45	580	33	26	
15	4,5	0,15	2,20	3,8		1,25	0,84	0,24	0,95	0,46	590	34	27	
16	4,6	0,16	2,25	4,0		1,10	0,85	0,22	0,96	0,42	600	35	28	
17	4,7	0,17	2,30	4,2		1,10	0,86	0,23	0,97	0,43	610	36	29	
18	4,8	0,11	2,35	4,4		1,12	0,87	0,24	0,98	0,44	620	37	30	
19	4,9	0,12	2,40	4,6		1,13	0,88	0,22	0,99	0,45	630	38	31	
20	5,0	0,15	2,45	4,8		1,14	0,89	0,23	1,00	0,46	640	39	32	
21	5,1	0,14	2,50	5,0		1,2	1,15	0,90	0,24	0,80	0,42	650	38	31
22	5,2	0,15	2,00	5,2			1,16	0,91	0,22	0,81	0,43	660	37	30
23	5,3	0,16	2,15	5,4	1,17		0,92	0,23	0,82	0,44	670	36	29	
24	5,4	0,17	2,10	5,6	1,18		0,93	0,24	0,83	0,45	680	35	28	
25	5,5	0,11	2,05	5,8	1,19		0,94	0,22	0,84	0,44	690	34	27	
26	5,6	0,12	1,95	6,0	1,20		0,95	0,23	0,85	0,41	700	33	26	
27	5,7	0,13	1,80	6,2	1,21		0,80	0,24	0,86	0,42	710	32	25	
28	5,8	0,14	1,70	6,4	1,22		0,82	0,22	0,87	0,43	720	31	24	
29	5,9	0,15	1,60	6,6	1,23		0,83	0,23	0,88	0,44	730	30	23	
30	6,0	0,16	1,50	6,8	1,24		0,84	0,24	0,89	0,45	740	29	22	

Порядок выполнения работы. Запишите цель работы, задание и вариант. Запишите исходные данные своего варианта. Определите ширину, площадь и длину решёт очистки по формулам (50...52). Определите необходимую скорость потока воздуха над решётами по формуле (53). Определить расход воздуха по формуле (55). По формулам (56, 58, 66) определите необходимое динамическое, статическое давление и полный напор, который должен обеспечить вентилятор. По формулам (62, 63) определите размеры выходного отверстия вентилятора. По формуле (64) определите диаметр входного отверстия d_0 и внутренний диаметр колеса d_1 вентилятора. По формуле (65) определите наружный диаметр d_2 вентилятора. Определите мощность, потребляемую вентилятором по формуле (70). По полученным аэродинамическим параметрам вычертите схему очистки в масштабе (рисунок 10а) в следующей последовательности:

- отложите в масштабе длину решета L_p ;
- отметьте часть решета, обдуваемую расширяющейся частью воздушного потока длиной K_0S ;
- от начала решета под углом $\delta + \beta$ к его плоскости проведите прямую линию ЕД;
- из точки М под углом $\delta - \beta$ проведите прямую линию МС;
- отложите в масштабе высоту выходного окна ДС под углом $90^\circ - \delta$ к плоскости решета;
- в том же масштабе начертите остальные элементы вентилятора, приведенные на рисунке 10.

Содержание отчёта. Записать название работы, вариант, исходные данные, цель работы. Выполнить требуемые расчёты и построения. Сделать выводы.

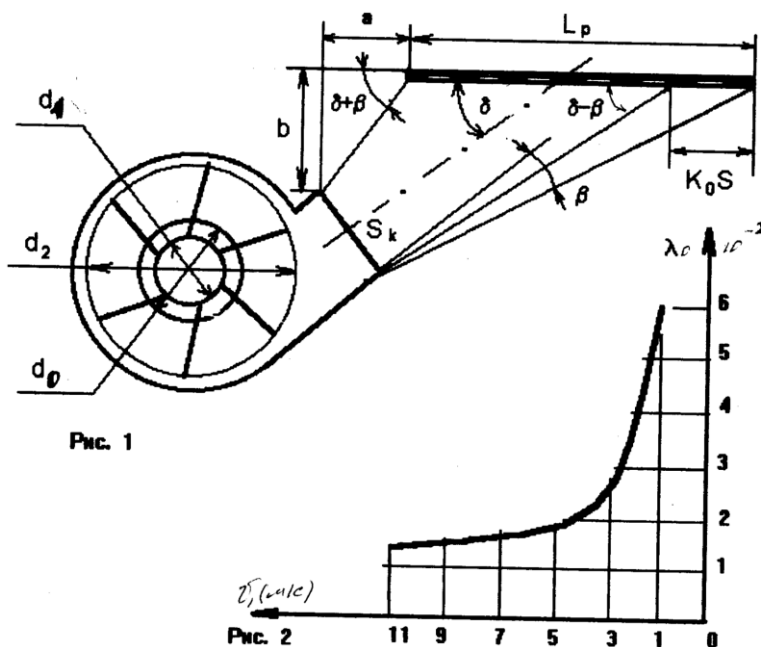


Рис. 1

Рис. 2

Рисунок 10 – Компонувочная схема системы очистки комбайна

РАБОТА 6

Определение зоны выпадения зерен из ячеек триерного цилиндра и угла установки желоба

Цель работы. Изучить технологический процесс работы триера и его зависимость от конструктивных и режимных параметров. Закрепить теоретические знания путем расчета и построения по индивидуальным данным траекторий движения зерен сортируемого материала и соответствующего указанным траекториям положения лотка

Теоретическая часть

Триерные цилиндры предназначены для разделения зерновых смесей по длине семян. Короткие частицы впадают в ячейки триера, поднимаются на некоторый угол α (рис.10), затем под собственным весом, выпадают из ячеек, двигаясь по траектории свободного полета и попадая в желоб. Величина угла подъема частицы определяется по формуле

$$\alpha = \arcsin (K \cos \varphi) + \varphi \quad (71)$$

где K - показатель кинематического режима.

φ - угол трения частицы по поверхности ячейки, град.

$$K = \frac{\omega^2 r}{g} \quad (72)$$

где ω - частота вращения цилиндра, c^{-1} ; r - радиус цилиндра, м; g - ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Угол трения φ изменяется в некоторых пределах от (φ_{min} до φ_{max}) поэтому выпадение частиц будет происходить не в одной точке, а в некоторой зоне от α_{min} до α_{max} , которые определяются по выражениям

$$\alpha_{min} = \arcsin (K \cos \varphi_{min}) + \varphi_{min} \quad (73)$$

$$\alpha_{mac} = \arcsin (K \cos \varphi_{mac}) + \varphi_{mac} \quad (74)$$

Уравнения траектории полета частиц после выпадения из ячейки имеют вид

$$x = (\omega r \sin \alpha)t \quad (75)$$

$$y = (\omega r \cos \alpha)t - \frac{gt^2}{2} \quad (76)$$

Заменив в этих выражениях α на α_{\min} , задавшись значением времени t через 0,01 – 0,02 с, получим координаты траектории OA .

При $\alpha = \alpha_{\max}$ аналогично можно подсчитать координаты траектории OB . Все выпадающие из ячеек частицы будут двигаться в зоне ограничений параболой OA и OB . Выпадение частиц из ячеек прекратится, если центростремительная сила, действующая на частицу, превысит ее силу тяжести, то есть когда

$$\omega^2 r \geq g \quad (77)$$

Отсюда критическое значение частоты вращения цилиндра будет равно

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{r}}, \text{ с} \quad (78)$$

или
$$n_{кр} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r}}, \text{ мин}^{-1} \quad (79)$$

Практическая часть

Содержание работы. По исходным данным диапазон углов выпадения зёрен из ячеек триера. Построить траектории падения выпавших частиц. Определить положение лотка триера.

Исходные данные. Для выполнения работы необходимы следующие исходные данные: K – показатель кинематического режима триера; φ_{\min} , φ_{\max} – минимальный и максимальный угол

трения зёрен о стенку ячеек триера; r – радиус цилиндра; $d_{ш}$ – диаметр шнека. Значения исходных данных по вариантам приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Исходные данные по вариантам

№ п/п	K	φ_{\min} , град	φ_{\max} , град	r , м	$d_{ш}$, м
1	2	3	4	5	6
1	0.35	30	38	0.4	0.12
2	0.36	30	38	0.41	0.12
3	0.37	29	37	0.42	0.12
4	0.38	29	37	0.43	0.13
5	0.39	28	36	0.44	0.13
6	0.40	28	36	0.45	0.13
7	0.41	27	35	0.44	0.13
8	0.42	27	35	0.43	0.13
9	0.43	26	34	0.42	0.12
10	0.44	26	34	0.41	0.12
11	0.45	31	39	0.40	0.12
12	0.46	31	39	0.39	0.11
13	0.47	30	37	0.38	0.11
14	0.48	30	37	0.40	0.12
15	0.49	29	36	0.42	0.12
16	0.50	29	36	0.44	0.13
17	0.51	28	35	0.46	0.14
18	0.52	28	35	0.39	0.11
19	0.53	27	34	0.41	0.12
20	0.54	27	34	0.43	0.12
21	0.55	28	35	0.45	0.13
22	0.56	29	36	0.38	0.11
23	0.57	30	37	0.40	0.12
24	0.58	28	35	0.42	0.12
25	0.59	27	34	0.44	0.12
26	0.60	26	33	0.46	0.13
27	0.42	28	36	0.39	0.11
28	0.48	29	37	0.41	0.12
29	0.50	30	38	0.43	0.13
30	0.52	30	36	0.45	0.13

Порядок выполнения работы. Пользуясь формулами (73, 74), определить углы выпадения сортируемых зерен из ячеек триера α_{min} и α_{max} .

Расчитать предельные траектории полета зерен по формулам (75, 76), задавая значениями t через 0,01 0,02 с. Расчет выполнить в виде таблицы 12.

Таблица 12 - Результаты расчётов

t,с	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
$x_{min} = (\omega r \sin \alpha_{min})t$						
$y_{min} = (\omega r \cos \alpha_{min})t - \frac{gt^2}{2}$						
$x_{mac} = (\omega r \sin \alpha_{max})t$						
$y_{mac} = (\omega r \cos \alpha_{max})t - \frac{gt^2}{2}$						

На листе координатной бумаги построить триерный цилиндр и траектории полета зерен:

- радиусом, равным r провести окружность;
- от горизонтальной оси симметрии отложить вверх углы α_{min} и α_{max} ;
- в точках пересечения с поверхностью триера лучей, проведенных под углами α_{min} и α_{max} от центра (точки A и B) поместить две прямоугольные системы координат (XAY и XBY);
- по данным таблицы построить в указанных координатах траектории падения зерен.

Радиусом, равным $d_{ш}/2$ построить в центре триера шнек.

Радиусом, равным $1,1 \dots 1,2 d_{ш}/2$, построить вспомогательную окружность (дно лотка).

Радиусом, равным $0,85 \dots 0,9 r$, выполнить дугу, пересекающую обе траектории падения зерен.

От точек пересечения дуги с траекториями (C и D) отложить на ней отрезки, равные $0,2 r$ (CM и DN).

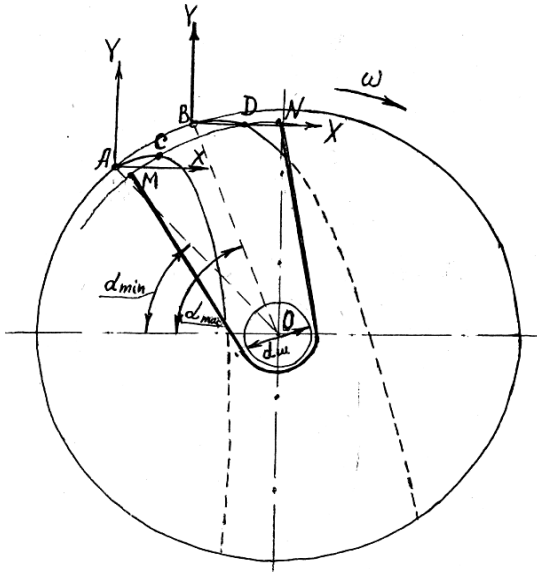


Рисунок 10 – Схема построений

Из точек M и N провести касательные к вспомогательной окружности (дно лотка). Полученный профиль обвести толстой линией.

По формулам (78) и (79) рассчитать критические значения угловой скорости и оборотов триера.

Сделать необходимые выводы и оформить отчет.

Содержание отчёта. Записать название работы, вариант, исходные данные, цель работы. Выполнить требуемые расчёты и построения. Сделать выводы.

Работа 7

Графоаналитический анализ кинематики активного лемеха

Цель работы. Закрепить теоретические знания по кинематике активного лемеха. Изучить графический способ построения траектории движения активного лемеха. Оценить влияние конструктивных и режимных параметров на эффективность работы.

Теоретическая часть

Активные лемехи применяются во многих машинах для уборки овощей и корнеплодов. Их положительными свойствами являются:

- возможность транспортирования тонких пластов почвы при большой длине лемеха;

- минимальное тяговое сопротивление;

- интенсивное крошение пласта.

К отрицательным свойствам следует отнести:

- наличие неуравновешенных нагрузок ударного характера, вызывающих вибрацию остова машины;

- большая по сравнению с пассивными лемехами сложность конструкции.

Принципиальная схема активного лемеха представлена на рис. 11а.

Активный лемех 1 является обычно продолжением решета грохота 2, которое подвешено к остову 3 машины посредством шарнирно закрепленных подвесок 4 и 5 длиной l_n . По отношению к поверхности почвы лемех 1 наклонен на угол α , подвески 4 и 5 отклонены вперед от перпендикуляра к поверхности решета грохота 2 на угол β . Шатун 6 соединяет колеблющуюся

систему "лемех-грохот подвески" с кривошипом 7. Обычно принимают что шатун 6 перпендикулярен к подвеске 5.

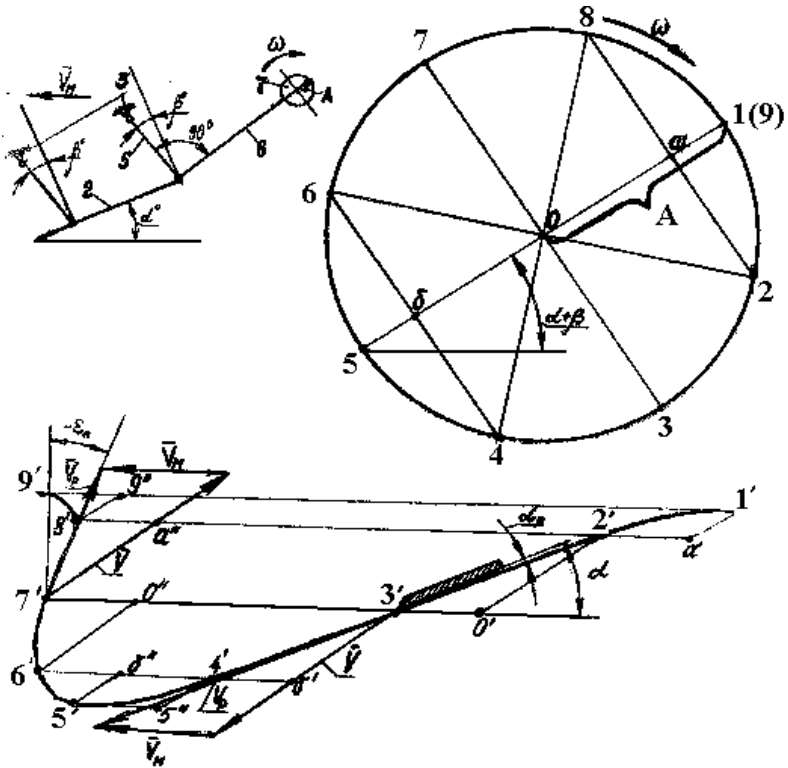


Рисунок 11 – Схема к построению траектории движения активного лемеха

Машина движется вперед со скоростью V_m , а кривошип 7 вращается с угловой скоростью ω и амплитудой A , вызывая колебания системы "лемех-грохот-подвески". При этом каждая точка лемеха 1, в том числе и его режущая

кромка, совершают сложное движение, складывающееся из относительного перемещения под действием шатуна б и переносного движения под действием поступательной скорости машины V_m .

Форма траектории движения лемеха в абсолютном движении зависит от соотношения между величинами его основных конструктивных и кинематических параметров (ω, A, V_m, α и β). От этих же параметров зависит и характер взаимодействия лемеха с почвой, тяговое сопротивление, энергоёмкость, интенсивность крошения и скорость транспортирования почвы.

Практическая часть

Содержание работы. По данным варианта построить траектории движения активного лемеха при различных конструктивных и режимных параметрах. Построить планы скоростей активного лемеха. Оценить влияние различных конструктивных и режимных параметров на характер взаимодействия лемеха с почвой.

Исходные данные. Значения исходных данных по вариантам приведены в таблице 13. Для выполнения работы необходимы следующие исходные данные:

ω - угловая скорость кривошипа;

A – длина кривошипа;

V_m – скорость движения агрегата;

β - угол, характеризующий подвеску лемеха;

α - угол установки лемеха к дну борозды.

Таблица 13 – Исходные данные по вариантам

№ п/п	ω , с ⁻¹	A, м	Vm, м/с	α , град.	β , град.
1	2	3	4	5	6
1	40	0,067	1,30	20	10
2	41	0,066	1,35	20	10
3	42	0,065	1,40	20	10
4	43	0,064	1,45	20	10
5	44	0,064	1,50	20	10
6	45	0,065	1,55	20	10
7	46	0,068	1,60	20	10
8	47	0,065	1,55	20	10
9	48	0,060	1,57	20	10
10	49	0,061	1,59	20	10
11	50	0,058	1,48	20	10
12	51	0,052	1,45	20	10
13	52	0,053	1,50	20	10
14	53	0,053	1,52	20	10
15	54	0,052	1,50	20	10
16	55	0,048	1,45	20	10
17	56	0,048	1,35	20	10
18	57	0,046	1,40	20	10
19	58	0,047	1,30	20	10
20	59	0,047	1,35	20	10
21	60	0,043	1,50	20	10
22	61	0,046	1,50	20	10
23	62	0,045	1,45	20	10
24	63	0,044	1,50	20	10
25	64	0,044	1,35	20	10
26	65	0,043	1,37	20	10
27	38	0,067	1,30	22	10
28	39	0,066	1,35	22	10
29	41	0,065	1,40	22	10
30	43	0,064	1,45	22	10
31	44	0,064	1,50	22	10
32	46	0,065	1,55	22	10
33	47	0,068	1,60	22	10
34	48	0,065	1,55	22	10
35	49	0,060	1,57	22	10
36	50	0,061	1,59	22	10

Практическая часть

Построения выполняются по данным таблицы 13 на листе координатной бумаги формата А4. При построении применяются следующие упрощения в кинематике движения лемеха, которые не оказывают существенного влияния на результат, но заметно упрощают расчет и построение:

-нижний шарнир подвески колеблется в относительном движении не по дуге окружности, а по хорде, перпендикулярной к подвеске;

-шатун сохраняет перпендикулярность к начальному (нейтральному) положению подвески независимо от рассматриваемого момента времени.

В связи с принятыми упрощениями направление относительного перемещения будет всегда параллельно шатуну и по отношению к поверхности почвы отклонено на угол $\alpha + \beta$. Переносное движение в любой момент направлено параллельно поверхности почвы и имеет постоянную скорость.

Для определения текущей величины относительного перемещения лемеха в правом верхнем углу формата (рис 11б) радиусом А в масштабе 1:1 выполнить окружность. Через центр окружности точку О под углом $\alpha + \beta$ провести линию 1...5 (условная линия движения нижней головки шатуна и нижних шарниров подвесок в относительном движении). Затем от точки 1 разбить окружность на 8 равных частей (точки 1...9). Соединить между собой точки 2...8 и 4...6. Полученные отрезки (1а,а0,0б,б5) дают величину относительного перемещения лемеха. Так, отрезок 1а соответствует относительному перемещению лемеха при повороте кривошипа от точки 1 до точки 2, отрезок а0 -от точки 2 до точки 3 и т.д. За те же периоды времени машина перемещается вперед на постоянную величину.

$$S_n = \frac{2\pi \cdot Vm}{n \cdot \omega} \quad (73)$$

где n – число частей, на которое разбита окружность.

Траекторию движения строят в следующей последовательности. В правой стороне формата ниже окружности выбирают начальную точку 1^1 (рис.11б.). Указанная точка должна быть приблизительно на одной вертикальной линии с точкой 2 окружности ниже нижней точки окружности на 15-20 мм. Из точки 1^1 под углом $\alpha + \beta$ к горизонтали откладывают вниз отрезок $1^1 a^1 = 1a$, который дает нам относительное перемещение точки лемеха при повороте кривошипа на $1/8$ окружности (от точки 1 до точки 2). Из точки a^1 откладывают горизонтально влево отрезок S_n , вычислив его величину по формуле (73). Полученная точка 2^1 дает нам положение лемеха в абсолютном движении при повороте кривошипа от точки 1 до точки 2.

Из точки 2^1 под углом $\alpha + \beta$ к горизонтали откладывают величину отрезка $a^1 0^1 = a0$. Из точки 0^1 также горизонтально влево откладывают величину отрезка S_n . Получают точку 3^1 , дающую положение лемеха при перемещении кривошипа в точку 3. Таким же образом находим положение точек 4^1 и 5^1 , откладывая под углом $\alpha + \beta$ (соответственно) отрезки $0b$ и $5b$. При этом величина и направление отрезка S_n остаются неизменными.

При перемещении кривошипа от точки 5 к точке 6 и далее относительное движение лемеха будет все так же параллельно линии 1-5, но направлено вверх (то есть лемех выглубляется). Тогда для построения точки 6^1 из точки 5^1 под углом $\alpha + \beta$ к горизонтали откладывают вверх величину отрезка $5^1 b^{11} = 5b$, а из точки b^{11} горизонтально влево величину отрезка S_n . Таким образом получаем точку 6^1 .

Для увеличения точности построения рекомендуется воспользоваться следующим приемом. Из точек $1^1 \dots 4^1$ провести го-

горизонтальные линии, а из точек $5'$, $6'$ и т.д. проводить под углом $\alpha + \beta$ вверх линии до пересечения с соответствующими горизонтальными линиями. Так, для получения положения точки $6''$ достаточно провести под углом $\alpha + \beta$ линию до пересечения с горизонтальной линией, выходящей из точки $4'$. Для получения положения точки $0''$ необходимо провести под углом $\alpha + \beta$ из точки $6''$ линию до пересечения с горизонтальной линией, выходящей из точки $3'$ и т.д. Отрезки Sn откладываются из точек $6''$, $0''$, a'' и $9''$ горизонтально влево. Таким образом, получаем точки $6' \dots 9'$. Соединив полученные точки $1' \dots 9'$ плавной линией, получим траекторию движения лемеха.

После построения траектории движения лемеха, в точке 3 строят под углом α положение лемеха при его заглублинии. Носок лемеха размещают в точке $3'$. Размеры лемеха произвольные. Рекомендуется длину принять равной 30 мм, толщину-4 мм, угол заострения режущей кромки- 35° .

Из точки $3'$ проводят касательную к траектории движения и строят фактический угол резания (α_p) в момент заглублинии. (угол α_p - угол между касательной в точке $3'$ к траектории движения и нижней поверхностью лемеха). В точке $3'$ и $7'$ строят планы скоростей в масштабе 1:50. При этом линейную скорость кривошипа (скорость относительного движения лемеха) вычисляют по формуле :

$$V_{(3,7)} = \omega A \quad (74)$$

Следует иметь в виду , что при построении планов скоростей для других точек (74) примет следующий вид :

$$V_j = \omega A \sin \varphi \quad (75)$$

где φ - угол поворота кривошипа от точки 1.

На плане скоростей в точке 7' обозначьте величину угла E_n (угла между направлением результирующей скорости и вертикальной линией). Найдите его величину и объясните влияние величины угла на режим работы лемеха и его взаимодействие с почвой при выглублении. Кроме того, найдите в точке 3' величину угла α_p и объясните зависимость характера взаимодействия лемеха с почвой в момент его заглубления от величины угла α_p .

Все построения повторите, увеличив V_m в 1,3 раза, а затем уменьшив в 1,3 раза от номинального значения. Проанализируйте изменение характера взаимодействия лемеха с почвой при заглублении и выглублении в зависимости от изменения скорости движения машины (V_m).

Как отмечалось выше, характер взаимодействия лемеха с почвой зависит от соотношения между его конструктивными и кинематическими параметрами. При заглублении от точки 1¹ до точки 5¹ главный критерий качества процесса - величина угла α_p . При $\alpha_p < 0$ тыльная кромка лемеха “затирает” дно борозды, при $\alpha_p \gg 0$ увеличивается энергоёмкость процесса. Оптимум - когда α_p близок к нулю, но положителен. Различные варианты величины угла получаются при следующих условиях:

- при $\omega A = 1,57 V_m \sin \alpha / \sin \beta$; $\alpha_p = 0$
- при $\omega A \gg 1,57 V_m \sin \alpha / \sin \beta$; $\alpha_p < 0$
- при $\omega A < 1,57 V_m \sin \alpha / \sin \beta$; $\alpha_p > 0$

Минимум тягового сопротивления при заглублении лемеха достигается при $\alpha_p = 0$.

При заглублении лемеха (от точки 5' до точки 9') характер его взаимодействия с почвой определяет величина угла ε_n . Минимальное тяговое сопротивление в этой фазе движения будет при отклонении результирующей скорости при выглублении

назад, то есть происходит интенсивное отбрасывание почвы назад, а угол ε_n принимает отрицательное значение. Режим работы в фазе выглубления зависит от параметров процесса следующим образом.

- При $\omega A < 1,57V_m / (\alpha + \beta)$ угол ε_n - положительный и величина тягового сопротивления максимальна;
- При $\omega A = 1,57V_m / (\alpha + \beta)$ угол $\varepsilon_n = 0$, а тяговое сопротивление в фазе выглубления также близко к 0;
- При $\omega A > 1,57V_m / \cos(\alpha + \beta)$ угол ε_n – отрицательный и наблюдается подталкивание машины движущимся активным лемехом – оптимальный режим.

Необходимо проанализировать три варианта параметров (номинальный и при изменении V_m) по приведенным выше критериям. Сравнить теоретический результат с построениями. Сделать выводы об оптимальности или неоптимальности режимов работы лемеха. Все расчеты и анализ оформить в виде записки с приложением построений.

Содержание отчёта. Записать название работы, вариант, исходные данные, цель работы. Выполнить требуемые расчёты и построения. Сделать выводы.

Работа 8

Графо-аналитическое определение скорости транспортирования почвы качающимся грохотом

Цель работы. Целью работы является закрепление теоретических знаний о взаимодействии почвы с качающимся грохотом путём построения траектории движения почвы после отрыва ее от поверхности грохота, нахождения точки встречи с указанной поверхностью и скорости транспортирования.

Теоретическая часть

Скорость транспортирования почвы качающимся грохотом определяется по формуле:

$$V = \frac{S}{T} \quad (76)$$

где S - расстояние между точкой подбрасывания почвы с поверхности грохота и точкой ее встречи с указанной поверхностью;

T - время одного цикла (обычно равно времени полного оборота, кривошипа).

Следовательно, для определения, величины S необходимо определить момент отрыва почвы от поверхности решета грохота и найти точку ее встречи с этой поверхностью.

Момент начала отрыва находится, исходя из следующих соображений. На тело, помещенное на поверхность решета грохота, действуют следующие силы (рис. 12а):

- вес mg , который разлагается на силу нормального давления $N = mg \cos \alpha$ и скатывающую силу $mg \sin \alpha$;

- сила трения, направленная как и скатывающая сила вдоль поверхности решета;

- сила инерции $F_{ин} = m \cdot \gamma$, направленная параллельно шатуну.

Отрыв от поверхности грохота возможен, если проекция силы инерции на направление, перпендикулярное указанной поверхности, превысит силу нормального давления и будет противоположна ей по направлению. То есть, обязательное условие начала отрыва (рис12).

$$F_{ин} \cdot \sin \beta \geq N \quad (77)$$

Если принять точку М (рис. 12б) за начало отсчета, то отрыв почвы от грохота возможен во II квадранте, когда кривошип повернется на угол $180 - \varphi$, а угол φ_0 определяется по формуле:

$$\varphi_0 = \arccos \left[\frac{g \cdot \cos \alpha}{\omega^2 \cdot A \cdot \sin \beta} \right] \quad (78)$$

После отрыва почвы, движущейся в начальный момент под углом $\alpha + \beta$ к горизонту, она описывает траекторию в виде параболы и вновь встречается с поверхностью решета грохота. Близким к оптимальному следует считать режим работы, когда период полета частицы почвы близок или кратен периоду оборота кривошипа.

Практическая часть

Содержание работы. Построить траекторию движения почвы после отрыва ее от поверхности грохота, найти точки встречи с указанной поверхностью и скорость транспортирования. По результатам построений сопоставить режим работы с критическим, теоретически определив частоту вращения кривошипа $\omega_{кр}$.

Исходные данные. Для выполнения работы необходимы следующие исходные данные: ω - угловая скорость кривошипа; A - длина кривошипа;

β - угол, характеризующий подвеску решета грохота; α - угол наклона решета. Значения исходных данных по вариантам приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Исходные данные по вариантам

№ п/п	ω , с ⁻¹	A, м	α , град.	β , град.	№ п/п	ω , с ⁻¹	A, м	α , град.	β , град.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	33	1	2	3	5	29	1	2
2	41	33.0	10	22	38	52	26.0	12	24
3	42	32.5	10	22	39	53	26.5	12	24
4	43	32.0	10	22	40	54	26.5	12	24
5	44	32.0	10	22	41	55	26.0	12	24
6	45	32.5	10	22	42	56	24.0	12	24
7	46	34.0	10	22	43	57	23.0	12	24
8	47	32.5	10	22	44	58	23.0	12	24
9	48	30.0	10	22	45	59	23,5	12	24
1	49	30.5	10	22	46	60	21.5	12	24
1	50	29.0	10	22	47	67	23.0	12	24
1	51	26.0	10	22	48	63	22.5	12	24
1	52	26.5	10	22	49	63	22.0	12	24
1	53	26.5	10	22	50	64	22.0	12	24
1	54	26.0	10	22	51	66	22.0	12	24
1	55	24.0	10	22	52	67	21.5	12	24
1	56	24.0	10	22	53	40	31.5	12	25
1	57	23.0	10	22	54	41	32.0	12	25
1	58	23.5	10	22	55	42	32.5	12	25
2	59	23,5	10	22	56	43	32.5	12	25
2	65	21.5	10	22	57	44	33.0	12	25
2	61	23.0	10	22	58	45	33.5	12	25
2	62	22.5	10	22	59	46	33.0	12	25
2	63	22.0	10	22	60	47	32.0	12	25
2	64	22.0	10	22	61	48	31.5	12	25
2	65	21.5	10	22	62	49	32.0	12	25
2	38	33,5	12	24	63	50	28.5	12	25
2	39	33,0	12	24	64	51	27.5	12	25
2	41	32,0	12	24	65	52	28.5	12	25
3	43	32.0	12	24	66	53	28.0	12	25
31	44	32.0	12	24	67	54	28.5	12	25
32	46	32.5	12	24	68	55	26.0	10	25
33	47	34.0	12	24	69	56	23.5	10	25
34	48	32.5	12	24	70	57	24.0	10	25
35	49	30.0	12	24	71	58	22.0	10	25
36	50	30.5	12	24	72	59	22.0	10	25

Порядок выполнения работы. В верхнем правом углу формата координатной бумаги в масштабе I:I строят окружность радиусом равным А. Через ее центр (точку О) под углом $\alpha + \beta$ к горизонту проводят условную линию шатуна произвольной длины (130...150 мм от точки О влево вниз) (рис. 12). Из конца шатуна под углом α к горизонту проводят линию, обозначающую поверхность решета грохота длиной 100...140. мм (линия О – О). Точка пересечения линии шатуна с окружностью (точка М) будет началом отсчета при определении момента отрыва почвы от поверхности грохота.

Для этого определяют угол φ_0 по формуле (78), а затем от линии шатуна, (точка М) откладывают по направлению вращения кривошипа угол $180 - \varphi$. Полученная точка I является точкой начала отрыва почвы от поверхности грохота. От этой точки радиусами разобьём окружность на 8 равных частей (точки I - 8).

Однако, точка I показывает нам только положение верхней головки шатуна в момент отрыва почвы от поверхности грохота. Нам же необходимо найти положение грохота, соответствующее моменту, когда верхняя головка шатуна находится в точке I на кривошипе. Для этого на поверхности грохота (ближе к его левому краю) выбирают произвольную точку В и считают, что в ней находится наш элементарный объем почвы. Считают, что точка движется по прямой, параллельной линии шатуна, то есть под углом $\alpha + \beta$ к горизонту.

Для определения положения нижней головки шатуна и грохота (точки В) в момент отрыва почвы, из точки I опустим перпендикуляр на линию шатуна. Величина Od определяет расстояние, пройденное точкой В по траектории а-а. Отложим ее от точки В вправо вверх по линии а-а. Через полученную таким образом точку Д (ВД = Od) проводят прямую, параллельную поверхности грохота (то есть под углом α к горизонту). Это и будет положение поверхности грохота в момент отрыва от нее почвы.

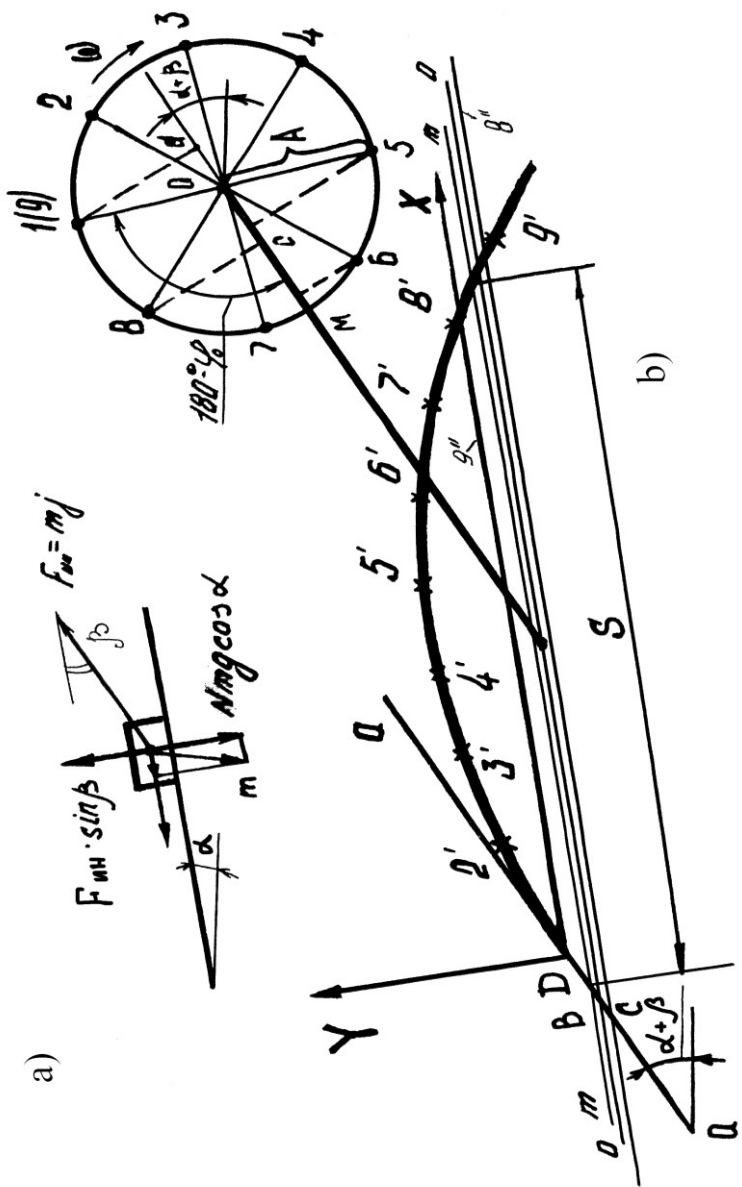


Рисунок 12 – Схема к расчёту режимов работы грохота

Поместим в точку Д начало системы координат (ХДУ) направив ось Х по поверхности грохота, а ось У перпендикулярно вверх от нее.

Для построения траектории движения рассчитывают координаты её точек, соответствующие моментам нахождения верхней головки шатуна в точках 2...9.

Расчёты выполняются в виде таблицы 15.

Таблица 15 - Результаты расчётов

Порядковый № точки I (по обозначению на кривошипе)									
Время с момента отрыва от поверхности решета $t_i = \pi(I - 1) / 4\omega$, с									
$X_i = \omega A \sin \varphi_0 \cos \beta$ $\times t_i - \frac{gt_i^2}{2} \sin \alpha$, м									
$Y_i = \omega A \sin \varphi_0 \sin \beta \times$ $t_i - \frac{gt_i^2}{2} \cos \alpha$, м									

По данным таблицы I5 в масштабе 1:1 в системе координат ХDY строят траекторию движения частицы почвы после ее

отрыва от поверхности грохота (рис.12), нумеруя точки $1' \dots 9'$. Затем находят точку встречи почвы с поверхностью грохота. Ориентировочно она должна произойти в районе между $6' \dots 9'$ точками.

В связи с этим необходимо построить положения решета грохота, соответствующие указанным точкам. В случае, изображенном на рис.2b, положение $9''$ совпадает с осью X , При этом очевидно, что встреча почвы с решетом уже произошла, т.к. точка $9'$ траектории ее движения находится ниже поверхности решета.

Построим положение решета $8''$ соответствующее положению верхней головки шатуна в точке 8 на кривошипе. Для этого из точки 8 опустим перпендикуляр на линию шатуна. По линии а-а отложим вниз отрезок ВС-ОС. Через точку С проведем под углом линию $8''$, обозначающую положение поверхности решета, соответствующее точке 8 на кривошипе. Из схемы видно, что почва в этот момент находится выше поверхности решета (точка. $8'$ выше линии $8''$).

Следовательно, встреча почвы с поверхностью решета грохота должна произойти где-то между точками 8 и 9.

Найдем это положение решета грохота, методом интерполяции. Для этого расстояние между линиями $8''$ и $9''$ разделим ровно пополам и проведем через эту точку под углом α линию **m - m** считая приближенно это положение решета грохота соответствующим моменту встречи с его поверхностью. В более точной интерполяции нет необходимости ввиду учебного характера задания.

Расстояние между точками пересечения линии **m - m** с линией **а - а** и траекторией движения почвы является искомой величиной пути о одного подскока. Подставив величину **S** в формулу (76), находят скорость движения почвы по поверхности грохота. При этом

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (79)$$

Затем найдите критическую угловую скорость кривошипа

$$\omega_{кр} = \pi \sqrt{3,3 \times \cos \alpha / A \sin \beta} \quad (80)$$

По полученным данным проанализируйте соответствие заданного режима работы грохота критическому.

Примечание: Если почва не встретилась с поверхностью решета грохота до 9 точки, рассчитывают дополнительно 1-2 точки по таблице I5 и выполняют дополнительные построения до тех пор, пока не будет найдена точка встречи.

Работа должна, быть выполнена в виде графического построения на листе координатной бумаги с приложением расчетов и анализа в виде дополнительной записки.

Содержание отчёта. Записать название работы, вариант, исходные данные, цель работы. Выполнить требуемые расчёты и построения. Сделать выводы.

Оглавление

2. Лабораторно-практические работы по машинам для уборки и доработки урожая.....	3
Работа 1. Определение основных параметров мотовила.....	3
Работа 2. Анализ процесса работы сегментно-пальцевого режущего аппарата и определение его основных рабочих характеристик.....	11
Работа 3. Выбор рациональных режимов работы молотильного аппарата	22
Работа 4. Определение основных параметров соломотряса ...	32
Работа 5. Расчёт параметров очистки комбайна	37
Работа 6. Определение зоны выпадения зерен из ячеек триерного цилиндра и угла установки желоба	46
Работа 7. Графоаналитический анализ кинематики активного лемеха	52
Работа 8. Графо-аналитическое определение скорости транспортирования почвы качающимся грохотом	60

Учебное издание

Владимир Васильевич Кузнецов

**Теория и расчёт
сельскохозяйственных машин**

Часть 2

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 21.01.2014 г. Формат 60x84 1/16. Бумага печатная.
Усл. п.л.4,06. Тираж 50. Издат. № 2508.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365 Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, Брянская