

НГАУ

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ

**Часть 2
Машины для уборки
и послеуборочной обработки зерновых культур**

**Методическое пособие
для студентов очной и заочной форм обучения
направления «Агроинженерия»**

НОВОСИБИРСК 2018

Кафедра «Сельскохозяйственные машины»

УДК 631.3.076.5

Сельскохозяйственные машины: Метод. пособие для студентов очной и заочной форм обучения направления «Агроинженерия»

. - Ч.2. Машины для уборки и послеуборочной обработки зерновых культур / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Сост.: В.А. Головатюк С.Г. Щукин. - Новосибирск, 2018. - 68с.

Настоящее пособие включает описание лабораторных и расчетно-графических работ по машинам для уборки, послеуборочной обработки и сушки зерна с необходимыми для их выполнения теоретическими выкладками.

Рассчитано на студентов института механизации сельского хозяйства очной и заочной форм обучения.

Утверждено методическими комиссиями инженерного института и Института заочного образования и повышения квалификации НГАУ.

Рецензент: В.С. Кемелев - доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», к.т.н.

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие предназначено для использования при выполнении лабораторных и расчетно-графических работ по дисциплине «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины».

Все работы включают вопросы входного и выходного контроля знаний студентами конструкций, режимов работы и расчета основных рабочих органов зерноуборочных комбайнов, машин для послеуборочной обработки и сушки зерна; описание порядка выполнения работ и необходимые расчетные формулы. Пособие составлено с учетом материальной базы кафедры сельскохозяйственных машин инженерного института НГАУ.

Самостоятельное выполнение студентами предусмотренных работ способствует более полному усвоению ими закономерностей протекания технологических процессов в сельскохозяйственных машинах.

Для проверки усвоения лекционного материала и готовности студентов к выполнению лабораторной работы, в начале занятия преподаватель проводит краткий опрос студентов по вопросам входного контроля знаний, приведенным в начале описания каждой работы. В процессе выполнения работы оценивается самостоятельность и полнота ее выполнения. По завершении работы студенты отвечают на вопросы выходного контроля.

Перед выполнением работ на лабораторных установках все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности. Включать в работу установки и аппаратуру без разрешения преподавателя или учебного мастера запрещается.

Работа 1

Анализ технологического процесса работы сегментно-пальцевого режущего аппарата

Вопросы входного контроля

1. Назвать принципы среза растений.
2. Перечислить типы режущих аппаратов подпорного резания и их конструктивные особенности.
3. В чем отличие режущего аппарата валковых жаток от режущего аппарата самоходных зерновых комбайнов «Енисей1200» и Дон-1500»?
4. Назвать наиболее изнашиваемые части сегментно-пальцевого режущего аппарата.
5. Перечислить основные детали сегментно-пальцевого режущего аппарата.
6. Перечислить регулировки сегментно-пальцевого режущего аппарата.
7. Дать понятие режущей пары, пояснить процесс ее работы и отметить места износа.
8. Перечислить основные параметры режущего аппарата.
9. Дать понятие дезаксиала привода ножа.
10. Перечислить механизмы привода ножа и их конструктивные особенности.
11. Объяснить назначение перовидного отростка у пальца.
12. Чем объяснить наличие или отсутствие насечек у лезвий сегмента и противорежущих пластин?
13. Для чего предназначена пластина трения? Ее регулировки.
14. Объяснить назначение прижимов ножа.
15. Какой тип режущего аппарата рекомендуется использовать при уборке полеглых (спутанных) растений?
16. От чего зависит качество среза растений?
17. Объяснить за счет чего бесподпорные аппараты обеспечивают высокое качество среза.
18. Достоинства и недостатки сегментов с насечками.
19. Причины, вызывающие повреждение (поломку) шатуна.
20. Какие дополнительные регулировки имеет пальцевый брус косилок в отличие от пальцевого бруса жаток?
21. Почему кривошипный механизм косилки считается более сложным, чем у жаток?
22. Почему кривошипный механизм у комбайнов можно назвать «центральный»?

Содержание работы

Построить при помощи лабораторной установки траектории крайних точек лезвий двух соседних сегментов, начертить их контуры и измерить основные параметры режущего аппарата. Построить: площадь активного пробега лезвия сегмента, площадь подачи, площадь нагрузки и диаграмму изменения высоты стерни для растений, расположенных в одной плоскости по ходу движения машины. Оценить влияние отгиба стебля на высоту получаемой стерни. Определить скорости начала и конца резания и проанализировать закономерность изменения результирующей скорости стебля вдоль

лезвия сегмента. Построить графики ускорения ножа и сил, действующих на нож. Рассчитать мощность для привода ножа.

Оборудование, инструмент

Лабораторная установка для построения траекторий крайних точек лезвий двух соседних сегментов, лист бумаги формата А1, вычислительная машинка, угольник, карандаш, циркуль.

Путем переключения передач редуктора на установке можно получить 10 значений перемещения машины за время одного (двойного) хода ножа. Перемещение ножа в поперечном направлении меняется бесступенчато. За счет замены пластин - державок можно проводить анализ работы сегментно-пальцевых режущих аппаратов различных типов.

Исходные данные

Номер передачи редуктора, скорость движения машин, высоту установки режущего аппарата над землей и другие величины выбирают из табл.1.

Дополнительные данные (одинаковые для всех вариантов):

а) удельная работа, затрачиваемая на срез растений $A_{уд} = 150 \text{ Нм/м}^2$;

б) масса 1м погонной длины ножа $m_{уд} = 2,1 \text{ кг/м}$;

в) коэффициент трения ножа по пальцевому брусу $f_H = 0,3$;

Все элементы работы, как графические, так и расчетные, размещают на поле чертежа.

Порядок выполнения

1. Прослушать инструкцию по использованию лабораторной установки.

2. Вычертить траектории абсолютного движения крайних точек пятков и носков лезвий сегментов.

***Пояснение.** Так как реальные сегменты имеют форму трапеции (рис. 1А), то их точки движутся по траекториям, приведенным на рис. 2. Однако, с целью упрощения построений, допускается изображение сегментов в виде треугольника (рис. 1Б), что, практически, не влияет на анализ их работы. Тогда траектории точек сегментов, получаемые на лабораторной установке, примут вид, изображенный на рис. 3.*

3. Построить контуры пары сегментов для пяти крайних положений ножа (последовательно левых и правых) в следующем порядке (рис. 4):

а) определить траектории, соответствующие, пяткам и носкам сегментов;

б) провести касательные линии ко всем траекториям в местах их перегибов и отметить точки касания;

в) соединить линиями между собой точки пятков для каждой пары (получают основание сегментов);

г) соединить линиями точки пятков с точками носков (получают лезвия сегментов).

4. Провести траектории осевых линий пальцев через носки сегментов. Приняв форму противорежущих пластин прямоугольной с шириной $b_0 = 14 \text{ мм}$, провести на расстоянии $0,5 b_0$ по обе стороны от осевых линий пальцев траектории движения их лезвий (см. рис. 4).

Таблица 1-исходные данные

Вариант	Передача редуктора	Скорость машины, V_M , м/с	Высота установки режущего аппарата, H_y , м	Отношение высоты установки режущего аппарата к высоте стеблестоя, $\delta = H_y / L_{ст}$	Длина шатуна, $l_{ш}$	Длина за-кси-ал, d	Длина ножа, L_n , м (ширина жатки B)
1	1	1,5	0,12	0,100	15r	1r	7,0
2	2	1,7	0,11	0,098	15r	2r	6,0
3	3	1,2	0,10	0,096	15r	3r	8,0
4	4	1,4	0,15	0,094	20r	4r	10,0
5	5	1,5	0,13	0,092	20r	5r	7,0
6	6	1,3	0,14	0,090	25r	6r	8,0
7	7	1,6	0,10	0,088	25r	7r	6,0
8	8	1,8	0,11	0,086	20r	4r	5,0
9	9	2,0	0,12	0,100	15r	3r	4,0
10	10	1,6	0,13	0,092	20r	5r	6,0
11	1	1,3	0,15	0,090	25r	5r	8,0
12	2	1,9	0,12	0,096	15r	2r	7,0
13	3	1,8	0,11	0,098	20r	6r	5,0
14	4	1,2	0,10	0,102	20r	1r	8,0
15	5	1,4	0,15	0,104	15r	5r	7,0
16	6	1,7	0,13	0,106	25r	4r	6,0
17	7	1,5	0,14	0,088	15r	3r	7,0
18	8	1,9	0,10	0,098	15r	6r	5,0
19	9	1,4	0,12	0,084	25r	1r	7,0
20	10	1,2	0,11	0,100	15r	2r	8,0
21	1	1,7	0,10	0,080	20r	7r	6,0
22	2	1,5	0,15	0,092	15r	3r	7,0
23	3	2,0	0,13	0,082	25r	4r	7,0
24	4	1,8	0,14	0,094	20r	1r	5,0
25	5	1,6	0,12	0,086	20r	6r	6,0
26	6	1,3	0,11	0,096	25r	5r	8,0
27	7	1,2	0,10	0,088	25r	4r	8,0
28	8	1,7	0,15	0,106	15r	7r	6,0
29	9	2,0	0,12	0,102	15r	6r	5,0
30	10	1,6	0,13	0,098	20r	1r	6,0

Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

5. Проставить на чертеже и измерить основные параметры режущего аппарата (рис. 5); шаг режущей части t , м; шаг противорежущей части t_0 , м; ход ножа S , м; радиус кривошипа r , м; подачу (перемещение машины за один ход ножа) h , м. Установить тип режущего аппарата по соотношению этих параметров.

6. Определить частоту вращения кривошипа $n = 30 V_M / h$, мин⁻¹ (1)
и угловую скорость $\omega = \pi n / 30$, с⁻¹.

7. Выделить площадку активного пробега лезвия сегмента (рис. 6). *Это площадка, в пределах которой лезвие взаимодействует с растениями при перемещении от одного пальца к другому.* Так, например, для лезвия *ав* эта площадка по бо-

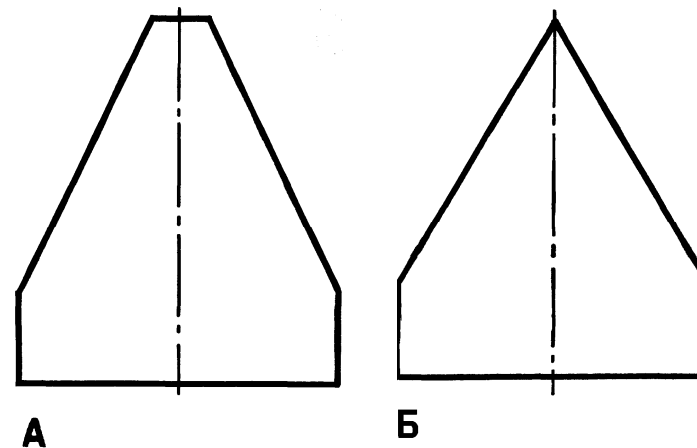


Рис.1. Формы сегмента:

А – фактическая; Б – упрощенная, применяемая на лабораторной установке

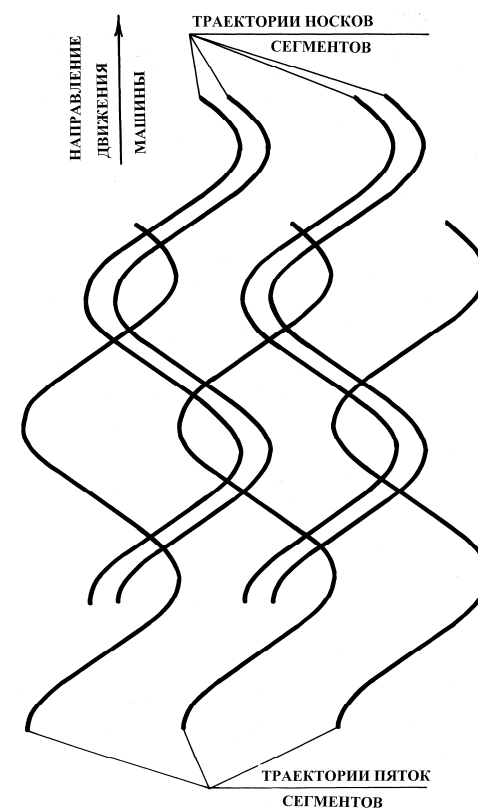


Рис.2. Образец фактических траекторий точек ножа

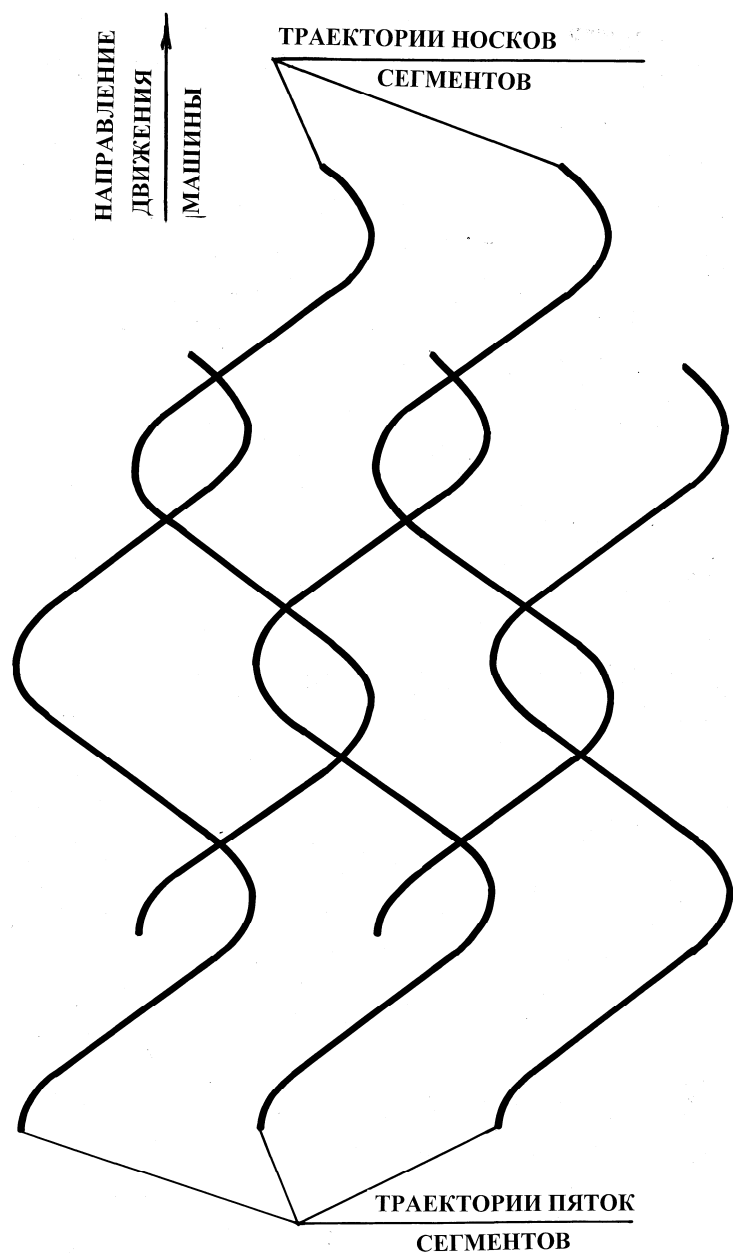


Рис.3. Образец траекторий точек ножа, получаемых на лабораторной установке

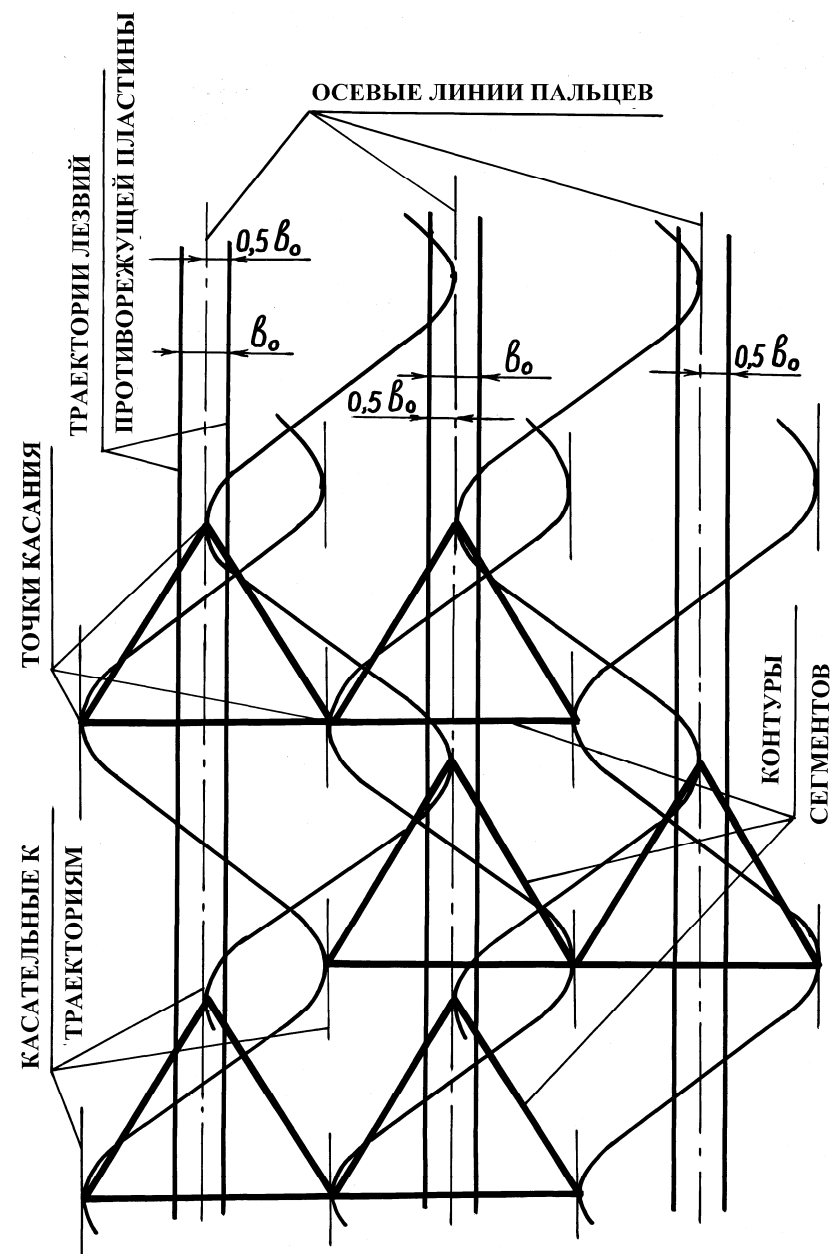


Рис. 4. Построение контуров сегментов и траекторий лезвий
противорежущих пластин

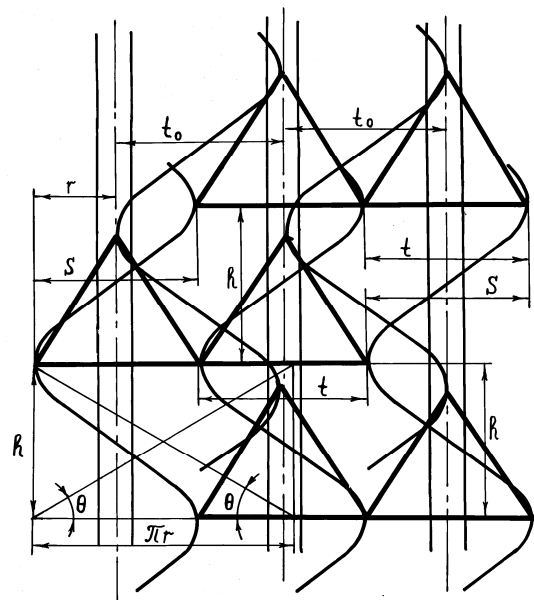


Рис. 5. Определение основных параметров режущего аппарата и угол отгиба стеблей

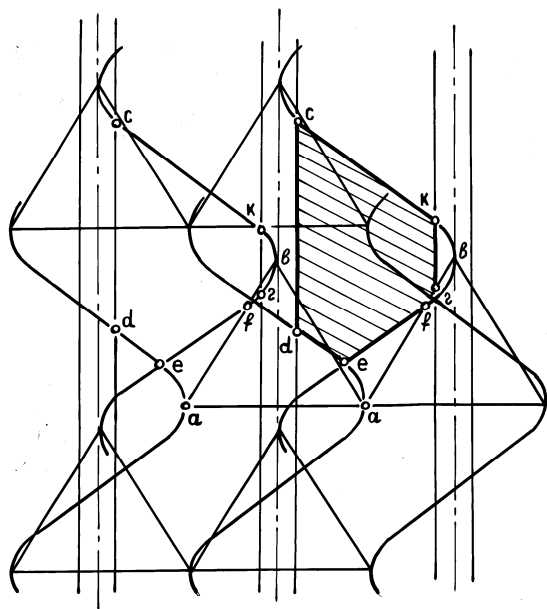


Рис. 6. Площадь активного пробега лезвия сегмента

кам ограничена траекториями носка противоречащих пластин **dc** и **гк**. Сверху и снизу она ограничена траекториями носка **кс** и пятки **gd** рассматриваемого лезвия. Кроме того, снизу она может иметь дополнительное ограничение в виде части траектории **ef** носка другого лезвия этого же сегмента, полученной при предыдущем ходе ножа.

8. Построить площадь подачи **F_п**, состоящую из площадок I - IV (рис. 7). Площадка I ограничивается верхней и нижней частями траектории одного носка лезвия сегмента. Сюда же относятся площадки II и III, стебли с которых, будучи согнуты пальцами, тоже попадают в рассматриваемую зону. Для упрощения принимаем, что стебли отклоняются пальцами перпендикулярно траектории оси пальца. Стебли, растущие между пальцами, отклоняются лезвием сегмента к месту среза под углом **θ**. Угол **θ** определяется построением. Для этого от основания сегмента по ходу движения машин отложить величину **h**, а по ходу движения ножа в режущем аппарате (перпендикулярно **h**) отложить величину **π·r** и соединить концы этих отрезков (см. рис. 5). Угол **θ** одинаков при движении ножа в обе стороны (влево и вправо).

Траектория пятки **a** лезвия сегмента **ав** на площади подачи отделяет участок IV, стебли с которого срезаются после предварительного продольного отгиба пучком в точке **d**.

Форма и размер площади подачи **F_п** не зависят от направления движения ножа (влево или право), лишь расположение в этих случаях меняется на зеркальное (см. рис. 7).

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. Площадки штриховать по направлению отгиба стеблей.

Определить величину площади подачи **F_п** аналитическим путем по формуле

$$F_{п} = S \cdot h, \text{ м}^2. \quad (2)$$

9. Определить площадь нагрузки в соответствии с типом режущего аппарата.

10. Построить график изменения высоты стерни. Для этого рассмотрим стебли, растущие в продольно-вертикальной плоскости, которая расположена вдоль траектории лезвия противоречащей пластины. След рассматриваемой плоскости на чертеже (рис.8) имеет вид линии **A - A**. Начиная с точки 1 (соответствует точке **d** на рис.7), отметить пересечение линии **A - A** с траекторией носка сегмента. Точкой 2 будет место входа носка на противоречащую пластину, а точкой 3 - место выхода носка с нее. Следующие точки (4, 5 и т.д.) являются повторением рассмотренных точек 1, 2, 3. Так точка 4 является снова точкой 1 (она же точка **d** для следующей площади подачи).

Пояснение. Точки 1, 2, 3 и 4(1) являются границами участков, где стебли срезаются с характерными отгибами. На участке 1-2 стебли, расположенные в плоскости **A - A**, срезаются там, где растут, то есть без отгиба. Следовательно, высота стерни на этом участке будет равна высоте установки режущего аппарата **H_у**.

Стебли участка 2 - 3 подхватываются левым лезвием сегмента и перемещаются под углом **θ** до соприкосновения с противоречащей пластиной левого пальца, где и срезаются. Величина отгиба у них (у всех) будет одинаковой и равной **q₁**.

Стебли с участка 3 - 4 собираются в один пучок и срезаются в точке 4 (**d**) пяткой сегмента. Отгиб этих стеблей будет тем больше, чем дальше от точки **d** растет стебель. Следовательно, наибольший отгиб (**q₂**) будет у стебля, растущего в точке 3. Участок 4 - 5 повторяет участок 1 - 2.

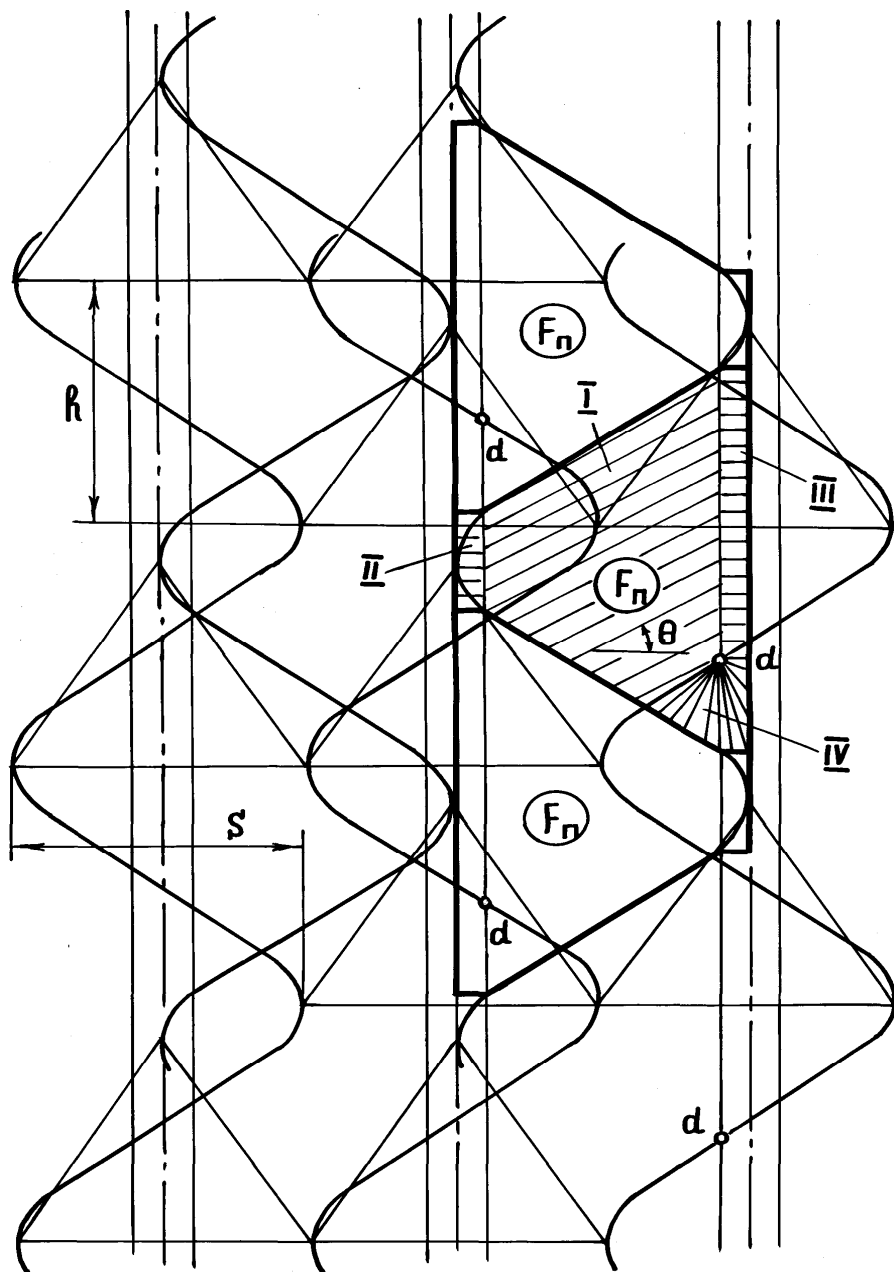


Рис. 7. Построение площади подачи

Для построения графика изменения высоты стерни плоскость $A - A$ повернуть на 90° , совместив ее с плоскостью чертежа. Линию земли $A' - A'$ провести в произвольном месте непосредственно за пределами траекторий. На расстоянии H_y (в масштабе 1:1) от нее провести линию $A'' - A''$, изображающую траекторию движения режущего аппарата. Спроектировать точки 1, 2, 3, 4, 5 на $A' - A'$ и $A'' - A''$.

На участке 1 - 2 линия графика высоты стерни пойдет по линии $A'' - A''$ между точками 1'' и 2''.

На участке 2 - 3, как видно из рис. 7, стебли срезаются с отклонениями от своего начального положения. Схема среза стебля с отклонением и определение при этом высоты стерни пояснена рисунком 9. Режущий аппарат, двигаясь над землей на расстоянии H_y , отклоняет стебель B от своего вертикального положения на какую-то величину q .

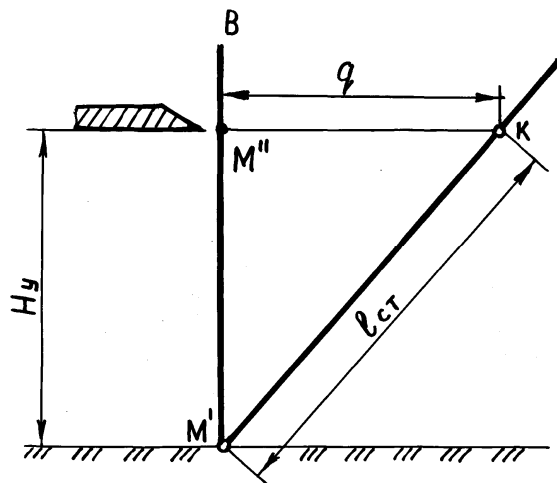


Рис. 9. Схема среза стебля и определение высоты стерни

В момент среза стебля вершина получившейся стерни находится в точке K . Очевидно, то гипотенуза $M'K$ прямоугольного треугольника $M'M''K$ будет являться искомой высотой (длиной) стерни, т.е. $M'K = l_{ст}$.

Чтобы определить высоту стерни на участке 2 - 3, непосредственно на чертеже провести построения, аналогичные рис. 9. На линии $A - A$ на участке 2 - 3 взять произвольную точку M . Спроектировав ее на $A' - A'$ и $A'' - A''$ получить соответственно точки M' и M'' . От точки M'' отложить отрезок q_1 по линии $A'' - A''$ (в любую сторону от точки). Конец отрезка обозначить буквой K . Соединить точки M' и K . Длина $M'K$ определяет высоту стеблей $l_{ст}$ на всем участке 2 - 3. С помощью циркуля (или линейки) отложить $l_{ст}$ на продолжение линии $M'-M''$ и отметить точку E . Через нее провести прямую BC , параллельную $A'' - A''$, длиной, равной длине участка 2 - 3. Линия BC является графиком высоты стерни на этом участке.

Стебли с участка 3 - 4 срезаются пучком в точке d'' . Для построения графика изменения высоты стерни на этом участке следует взять точки 3' и 4' и две три точки между ними на линии $A' - A'$ и соединить их все отрезками с точкой d'' (получаем наклоненную стерню). Затем из каждой точки восстановить перпендикуляры к $A' - A'$

(выпрямить стерню) и соединить их вершины плавной линией od'' , которая и представляет график изменения высоты стерни на участке 3 - 4. Начиная с точки 4 график повторяется.

Для проверки правильности полученной высоты стерни можно пользоваться формулой

$$\ell_{CT} = \sqrt{H_y^2 + q_i^2}, \text{ м,}$$

где q_i - величина отгиба стеблей на рассматриваемом участке (берут с чертежа).

11. Определить среднее значение высоты стерни по формуле

$$I_{CTcp} = F_{CT} / 2h, \text{ м,} \quad (3)$$

где F_{CT} - площадь фигуры, м^2 , заключенной между линией графика изменения высоты стерни $d''2''BCOd''$ и линией земли в пределах $d'-d''$, что соответствует одному обороту кривошипа (две подачи машины). Величина подачи h берется с чертежа.

12. Оценить степень неравномерности высоты среза

$$\Delta\ell = 100(\ell_{CTmax} - H_y) / H_y, \% \quad (4)$$

где I_{CTmax} - максимальная высота стерни (берется с графика), м. По агротехническим требованиям $\Delta\ell$ не должно превышать 20%.

13. Построить график скорости движения ножа.

Пояснение. Так как нож приводится в движение от кривошипа, его кинематические параметры соответствуют аналогичным параметрам кривошипа. Уравнение перемещения ножа имеет вид

$$x = r(1 - \cos\omega t), \text{ м.} \quad (5)$$

Скорость ножа V_H определяется как первая производная от перемещения

$$V_H = r\omega \sin\omega t, \quad \text{м/с.} \quad (6)$$

Если выразить из (5) $\cos\omega t$, заменить его на $\sin\omega t$, а результат подставить в (6), получим

$$V_H = \omega\sqrt{2xr - x^2}, \text{ м/с.} \quad (7)$$

Формула (7) представляет собой уравнение окружности радиуса r с центром, сдвинутым относительно начала координат на величину r . Так как начало координат расположено в точке a (пятка сегмента) (рис.10), то центр окружности будет находиться на оси пальца (точка O).

График скорости ножа в виде полуокружности построить на одном из крайних положений сегмента. Величина ω здесь выполняет функцию масштабного коэффициента и имеет размерность (м/с)/м.

На графике скорости ножа выделить график скорости резания. При движении лезвия $ав$ к правому пальцу, первой точкой, которая начинает резание, является пятка a . Лезвие при этом займет положение $a'в'$. По точке a' найти точку H , соответствующую начальной скорости резания $V_{рн}$.

Последней точкой, заканчивающей резание у рассматриваемого лезвия, будет носок $в$, а лезвие займет положение $a''в''$. По точке a'' отметить точку K , соответствующую конечной скорости резания $V_{рк}$. Отрезок HK является графиком скорости резания. Перемещение ножа, при котором происходит срезание стеблей (участок $a'-a''$), обозначить x_p .

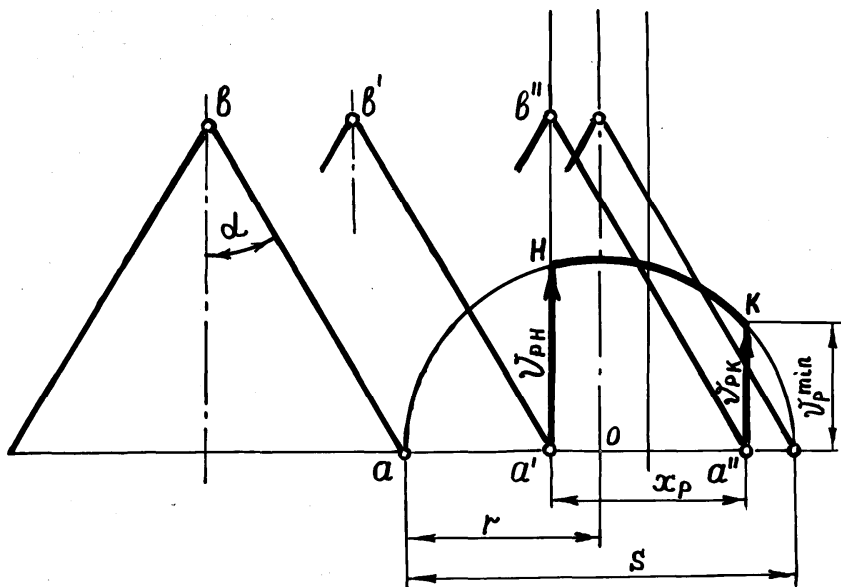


Рис. 10. Построение графиков скорости ножа и скорости резания

Скорости начала V_{PH} и конца V_{PK} резания определяются по графику как скорости пятки лезвия в момент начала и конца набегания лезвия сегмента на лезвие противорежущей пластины.

Чтобы определить скорость резания любой произвольно взятой точки лезвия, необходимо эту точку поместить у пальца, провести через нее положение лезвия, отметить точку пятки и по ней найти искомую скорость резания. Значение скорости находят умножением соответствующего вектора (в метрах) на масштабный коэффициент ω .

14. Сравнить величину наименьшей скорости резания ($V_{PK} = V_{P \min}$) с минимально допустимым значением $V_{доп} = 0,7$ м/с. Следует иметь в виду, что если $V_{PK} < V_{доп}$, то часть стеблей будет сминаться, а качество среза снизится.

15. Построить график изменения ускорения ножа. Взяв производную от (6), получим

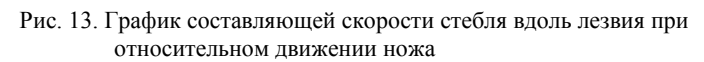
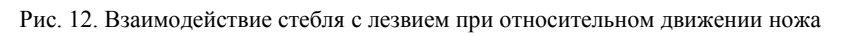
$$j_H = r\omega^2 \cos \omega t, \text{ м/с}^2. \quad (8)$$

В функции перемещения ножа ускорение имеет вид

$$j_H = \omega^2(r - x), \text{ м/с}^2. \quad (9)$$

Для построения графика определить значение j_H при $x = r$ и $x = 2r$. Масштаб графика берется произвольным. Через полученные точки в осях (j_H, x) провести прямую линию, изображающую график $j_H = f(x)$ (рис.11).

16. Проанализировать возможность и направление скольжения стеблей по лезвию.



Пояснение. Срезание стеблей в значительной мере облегчается, если стебли при срезании имеют некоторое скольжение вдоль лезвия. Оно обусловлено наклонным расположением лезвия (угол α).

Рассмотрим взаимодействие лезвия и стебля при относительном движении ножа. Скорость относительного движения ножа V_H направлена вдоль пальцевого бруса. Условимся считать, что не лезвие набегаёт на стебель, а стебель набегаёт на неподвижное лезвие (рис.12) со скоростью V_H ($V_H = r\omega \sin \alpha$). Скорость V_H при этом можно разложить на две составляющие: вдоль лезвия V_{HL} и перпендикулярно V_{HH} (нормальная составляющая). Со скоростью V_{HL} нож перепиливает стебель, а со скоростью V_{HH} рубит его. При этом

$$V_{HL} = V_H \cdot \sin \alpha = r\omega \sin \alpha \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

$$V_{HH} = V_H \cdot \cos \alpha = r\omega \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

Из (10) видно, что скорость V_{HL} также подчиняется закону гармонического колебания, как и V_H . График составляющей V_{HL} можно изобразить как и V_H радиусом r , если масштаб графика принять равной $\omega \sin \alpha$ (рис.13).

Помимо колебательного движения нож перемещается вперед вместе с машиной с некоторой постоянной скоростью V_M . Очевидно, что стебель набегаёт на нож с такой же скоростью. Ее также можно разложить на две составляющие (аналогично V_H): вдоль лезвия V_{ML} и перпендикулярно к нему V_{MH} (рис.14). При этом

$$V_{ML} = V_M \cdot \cos \alpha, \quad (12)$$

$$V_{MH} = V_M \cdot \sin \alpha. \quad (13)$$

Для того, чтобы изобразить график V_{ML} в том же масштабе, что и V_{HL} , необходимо V_{ML} разделить на масштаб $\omega \sin \alpha$. Тогда ордината графика, изображающего V_{ML} в этом масштабе (рис.15) будет составлять

$$V_{ML}^1 = \frac{V_M \cos \alpha}{\omega \cdot \sin \alpha} = \frac{V_M}{\omega} \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м.} \quad (14)$$

Так как составляющие V_{HL} и V_{ML} направлены в разные стороны, то направление результирующей скорости ΔV_L зависит от их соотношения.

$$\Delta V_L = V_{HL} - V_{ML}. \quad (15)$$

При этом возможны три случая:

а) $\Delta V_L > 0$, стебель скользит к носку сегмента (возможно выскальзывание стебля из режущей пары);

б) $\Delta V_L < 0$, стебель скользит к пятке сегмента (опасности выскальзывания стебля из режущей пары не существует);

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

Наиболее благоприятные условия резания можно получить выбором угла α и скоростью V_M при соблюдении условия $\operatorname{tg} \alpha > V_M / \omega r$.

17. Построить график изменения результирующей скорости стебля вдоль лезвия сегмента.

Наглядно за изменением величины ΔV_L можно проследить только на совместном графике (рис.16). График построить в произвольном месте чертежа на основании данных анализа по пункту 17.

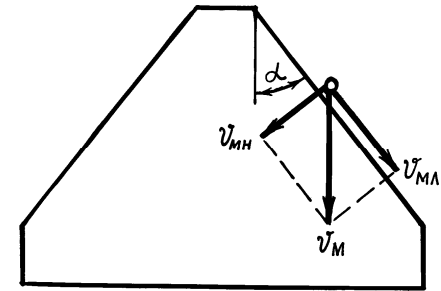


Рис. 14. Взаимодействие стебля с лезвием при переносном движении ножа

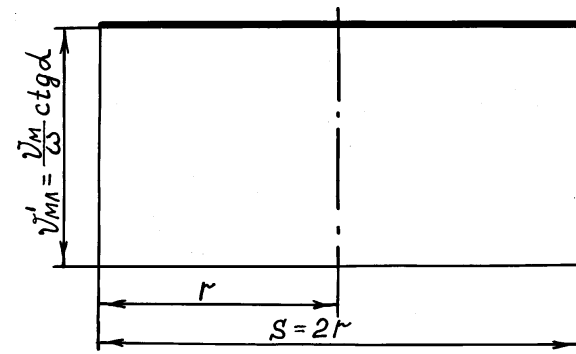


Рис. 15. График составляющей скорости стебля вдоль лезвия при переносном движении ножа

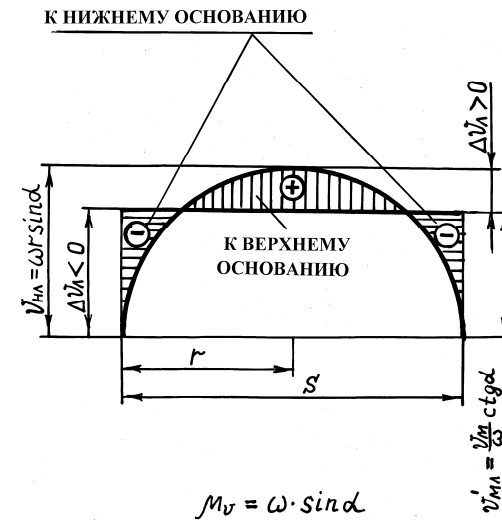


Рис. 16. График результирующей скорости стебля вдоль лезвия

18. Построить график изменения суммарной силы сопротивления движению ножа R_{Σ} в функции перемещения ножа x .

Построение производят без соблюдения масштабов, но с указанием величины сил в характерных точках.

Суммарная сила R_{Σ} складывается из трех сил

$$R_{\Sigma} = R_{\text{ср}} + R_j + R_{\text{тр}}, \text{ Н}, \quad (16)$$

где $R_{\text{ср}}$ - сила сопротивления срезу, Н;

R_j - сила инерции ножа, Н;

$R_{\text{тр}}$ - сила трения ножа, Н.

Силу сопротивления срезу определяют по площади нагрузки

$$R_{\text{ср}} = A_{\text{уд}} \cdot F_{\text{н}} \cdot Z_{\text{с}} / x_{\text{р}}, \text{ Н}, \quad (17)$$

где $Z_{\text{с}}$ - число сегментов ножа, $Z_{\text{с}} = L_{\text{н}} / t$;

$x_{\text{р}}$ - перемещение ножа, при котором происходит срезание стеблей, м (см. рис. 10).

Принимая силу $R_{\text{ср}}$ условно постоянной, провести в пределах $x_{\text{р}}$ прямую линию, параллельную оси x (рис. 17).

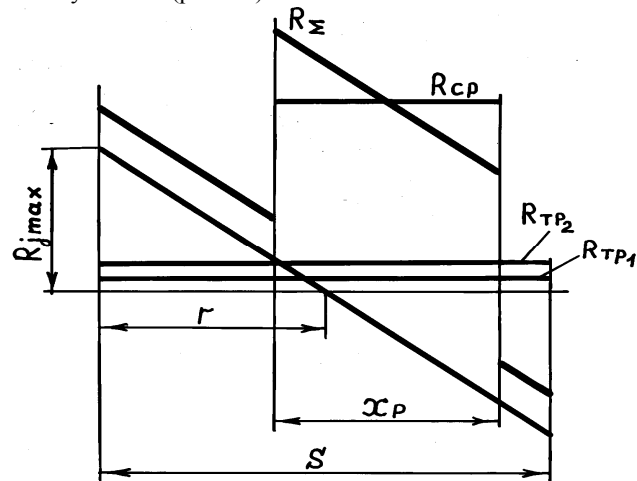


Рис. 17. Вид графика изменения суммарной силы сопротивления движению ножа

Силу инерции определяют по формуле

$$R_j = m_{\text{н}} \cdot j_{\text{н}}, \text{ Н}, \quad (18)$$

где $m_{\text{н}}$ - масса ножа, $m_{\text{н}} = m_{\text{уд}} \cdot L_{\text{н}}$, кг.

Силу R_j определяют в трех точках: $x = 0$; $x = r$; $x = 2r$. В точке $x = 0$ ускорение максимальное $j_{\text{н}} = r\omega^2$ (см. рис.11), поэтому $R_j = r\omega^2 m_{\text{н}}$. В точке $x = r$ ускорение $j_{\text{н}} = 0$ и $R_j = 0$. При $x = 2r$ ускорение $j_{\text{н}} = -r\omega^2$, а $R_j = -r\omega^2 m_{\text{н}}$. Через эти точки проводят прямую, изображающую график R_j (см. рис.17).

Сила трения состоит из двух составляющих

$$R_{\text{тр}} = R_{\text{тр1}} + R_{\text{тр2}}, \text{ Н}, \quad (19)$$

где $R_{\text{тр1}}$ - сила трения от массы ножа

$$R_{\text{тр1}} = m_{\text{н}} \cdot g \cdot f_{\text{н}}, \text{ Н}, \quad (20)$$

$$R_{\text{тр2}} = N \cdot f_{\text{н}}, \text{ Н}, \quad (21)$$

N - нормальная составляющая воздействия шатуна на нож

$$N = \frac{(R_{CP} + R_j + R_{TP1}) \cdot \operatorname{tg} \beta}{1 - f_H \cdot \operatorname{tg} \beta}, \text{ Н;} \quad (22)$$

β - угол наклона шатуна (рис.18). Для его определения можно вычертить схему привода ножа в таком масштабе, чтобы легко измерить угол β . Его также можно вычислить на счетной машинке по известному катету $(d + r)$ и гипотенузе $l_{ш}$.

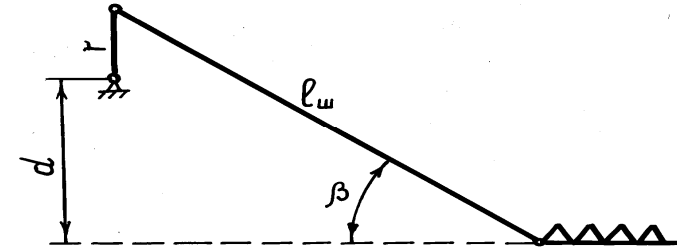


Рис. 18. К определению угла β

При вращении кривошипа угол β меняется и поэтому величина R_{TP2} также меняется на всем перемещении ножа ($x = 2r$). Но так как $R_{TP2} \ll R_{CP}$ и $R_{TP2} \ll R_j$, то условно принимают $R_{TP2} = \text{const}$ и изображают ее прямой линией.

19. Определить мощность для привода режущего аппарата

$$E = R_{\Sigma \max} \cdot V_{H \max}, \text{ Вт,} \quad (23)$$

здесь $R_{\Sigma \max}$ - максимальное значение суммарного усилия, Н (берется из графиков); $V_{H \max}$ - максимальная скорость ножа, $V_{H \max} = r\omega$, м/с.

Вопросы и задания выходного контроля

1. Назвать основные достоинства и недостатки режущего аппарата подпорного резания.
2. Каковы особенности работы двухпробежного режущего аппарата и аппарата низкого среза?
3. Показать относительную, переносную и абсолютную траектории точек лезвия сегмента.
4. Дать понятие площадей подачи и нагрузки. Их расчетные формулы для аппарата нормального резания с одинарным пробегом ножа.
5. Показать на чертеже площади нагрузки у режущего аппарата низкого среза.
6. От чего зависят величины площадей подачи и нагрузки?
7. Дать понятие отгиба стебля при срезе. Продольные и поперечные отгибы. Факторы, влияющие на величину отгиба.
8. От каких регулировочных параметров зависят отгиб стеблей и высота стерни? Как выбрать высоту установки режущего аппарата, чтобы обеспечить агротехнические требования?
9. В каких случаях и почему скорость ножа можно изобразить в виде окружности?
10. Объяснить влияние центрирования ножа на скорости начала и конца резания.

11. Как влияет форма сегмента на скорость резания?
12. Написать условие среза стебля без скольжения его по лезвию.
13. Нанести на схему механизма привода ножа силы, действующие на нож.
14. Объяснить влияние подачи на силу сопротивления срезу.
15. Выразить силу инерции ножа через обороты кривошипа.
16. Какие факторы влияют на мощность, необходимую для привода ножа?
17. Пояснить влияние длины шатуна и дезаксиала на ход ножа, скорость резания и на силы, действующие на нож.
18. Может ли при работе косилки происходить изменение дезаксиала?
19. Пользуясь построенными графиками и полученными зависимостями для стебля, указанного преподавателем, определить место его среза, точку лезвия, которая осуществляет срез (при допущении, что скольжение стебля по лезвию отсутствует), и высоту полученной стерни, оценить возможное направление скольжения стебля по лезвию в момент среза, показать на графике соответствующую скорость резания.

Работа 2

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ МОТОВИЛА

Вопросы входного контроля

1. Перечислить типы мотовил и объяснить для каких условий работы они предназначены.
2. Из каких основных деталей состоит мотовило?
3. Как передается вращение на мотовило?
4. Каким образом изменяют обороты мотовила и от чего они зависят?
5. Назвать регулировки универсального эксцентрикового мотовила.
6. Понятие выноса мотовила. От чего зависит его величина?
7. От чего зависит регулировка наклона пальцев граблин?
8. Как отрегулировать предохранительную муфту мотовила и проверить крутящий момент, на который она установлена?
9. Что необходимо сделать, чтобы установить эксцентриковое мотовило для уборки низкорослых, длинностебельных и полеглих хлебов?
10. Объяснить схему работы заблокированного механизма автоматического перемещения мотовила вперед (назад) при его подъеме (опускании).
11. В чем заключаются отличия в работе планчатого и эксцентрикового мотовил?
12. Как происходит подвод стеблей к режущему аппарату и их укладка на транспортирующие органы?

Содержание работы

Определить основные параметры технологического процесса планчатого мотовила. Дополнительно:

- а) подобрать кинематический режим работы мотовила, при котором его КПД близок к 100%;
- б) сравнить работу проанализированного мотовила с реальным.

Оборудование и инструмент

Лабораторная установка, вычислительная машинка, чертежный инструмент, лист бумаги формата А1.

Исходные данные приведены в табл. 2. Скорость машины V_m , высоту установки режущего аппарата H_y и отношение высоты установки режущего аппарата к высоте стеблестоя δ принимают из работы 1 (табл.1).

Таблица 2- исходные данные

Вариант	Передача редуктора	Степень взаимодействия стеблей, ϵ	Число планок Z_n , шт
1 и 16	1	1,1	4
2 и 17	2	1,2	5
3 и 18	3	1,3	6
4 и 19	4	1,4	4
5 и 20	5	1,5	5
6 и 21	6	1,6	6
7 и 22	7	1,7	4
8 и 23	8	1,1	5
9 и 24	9	1,2	6
10 и 25	10	1,3	4
11 и 26	1	1,4	5
12 и 27	2	1,5	6
13 и 28	3	1,6	4
14 и 29	4	1,7	5
15 и 30	5	1,1	6

Порядок выполнения работы

1. С помощью лабораторной установки вычертить траектории планок мотовила. Должны быть начерчены траектории трех планок, на листе должно получиться не менее четырех петель циклоид.

2. Сняв лист с установки, провести по верхней ветви общую касательную 1 - 1 ко всем траекториям (рис.19). Измерить на чертеже и записать диаметр мотовила $[D]$.

Внимание. Параметры, обозначенные квадратными скобками, измеряют и подставляют в формулы в миллиметрах, а эти же параметры без скобок подставляют в действительных значениях (м).

Определить радиус мотовила $[r_m]$ по формуле

$$[r_m] = 0,5 [D], \text{ мм.} \quad (24)$$

Провести на расстоянии $[r_m]$ от верхней касательной линию 0 - 0, изображающую траекторию вала мотовила, проставить на чертеже размеры $[r_m]$ и $[D]$.

3. Измерить и проставить на чертеже длину пути машины за время одного оборота вала $[S_m]$. Она измеряется между двумя одинаковыми точками траектории одной из планок (см. рис. 19).

4. Определить показатель кинематического режима мотовила

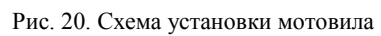
$$\lambda = 2\pi [r_m] / [S_m] \quad (25)$$

5. Определить шаг мотовила

$$[S_z] = [S_m] / Z_n, \text{ мм.} \quad (26)$$

6. На петле первой циклоиды (по ходу движения машины) найти точку А - оптимальный вход планки мотовила в стеблестой (рис.20). Ее положение $[Y_A]$ относительно траектории движения вала мотовила (траектория вала совпадает с осью x) определяется выражением

$$[Y_A] = [r_m] \cdot \sin \varphi_A, \text{ мм.} \quad (27)$$



Но угол φ_A поворота планки от оси x до точки A неизвестен. Поэтому воспользуемся равенством

$$\sin \varphi_A = 1/\lambda, \text{ мм.} \quad (28)$$

Тогда

$$[Y_A] = [r_m]/\lambda \quad (29)$$

Отложить это расстояние от оси x и отметить на циклоиде точку A .

7. Определить расстояние от точки A до нижней точки циклоиды K_0 . При оптимальной установке мотовила по высоте расстояние по вертикали от точки A до точки K_0 должно совпадать с координатой центра тяжести $\ell_{ц}$ срезаемой части стебля. Ее определяют по выражению

$$[\ell_{ц}] = [r_m] \cdot (1 - 1/\lambda), \text{ мм.} \quad (30)$$

Откладывают эту величину от K_0 вверх по циклоиде. При правильных построениях и расчетах конец отрезка $[\ell_{ц}]$ должен попасть в точку A .

8. Определить действительную длину срезаемой части стебля

$$\ell = L_{СТ} - H_y, \text{ м.} \quad (31)$$

Высоту стеблестоя $L_{СТ}$ находят из выражения δ по данным работы 1 (табл.1).

9. Рассчитать по эмпирическому выражению длину $\ell_{ц}$ части стебля, расположенной выше центра тяжести срезанного стебля

$$\ell_{ц} = \frac{\ell^2}{1,6(1 + \ell)}, \text{ м.} \quad (32)$$

10. Найти масштаб чертежа

$$\mu = \ell_{ц} / [\ell_{ц}], \text{ м/мм.} \quad (33)$$

11. Определить истинные значения параметров мотовила:

а) радиус мотовила

$$R = [r_m] \cdot \mu, \text{ м;} \quad (34)$$

б) шаг мотовила

$$S_z = [S_z] \cdot \mu, \text{ м;} \quad (35)$$

12. Найти оптимальное значение высоты установки вала мотовила над ножом, которое определяется исходя из условия, что планка мотовила должна погрузиться в хлебостой либо на уровне центра тяжести стебля, либо чуть выше его

$$H_{опт} = \ell + R/\lambda, \text{ м.} \quad (36)$$

Отрезок, изображающий $H_{опт}$ в масштабе чертежа, будет равен

$$[H_{опт}] = H_{опт} / \mu, \text{ мм.} \quad (37)$$

Отложить эту величину от траектории вала и провести траекторию движения ножа под всеми циклоидами.

13. Определить высоту установки режущего аппарата

$$[H_y] = H_y / \mu, \text{ мм.} \quad (38)$$

14. Нанести на чертеже линию земли под всеми циклоидами.

15. Определить окружную скорость планки мотовила

$$U = V_m \cdot \lambda, \text{ м/с.} \quad (39)$$

16. Рассчитать параметры кинематического режима работы мотовила:

а) угловую скорость вала

$$\omega = U / R, \text{ с}^{-1}, \quad (40)$$

б) частоту вращения вала n , мин⁻¹.

[illegible]

The diagram illustrates a mechanical system. A vertical rod is pivoted at its base to a fixed support, indicated by hatching and the letter m . A curved body is attached to the rod at point A . The center of mass of this body is at point O_A . A vertical dashed line passes through point B at the top of the curve and point K_0 on the horizontal beam. A horizontal line $0-0'$ passes through O_A and O' . A horizontal beam is attached to the rod at point K_0 and has points K_1, K_2, K_3 marked along its length. A curved line passes through points $3, 2, 1, 0$ on the beam. Horizontal distances are labeled as $[b_0]$, $[b_1]$, $[b_2] = [b_m]$ from the rod to K_0, K_1, K_2 respectively. Distances $[c_1]$, $[c_2] = [c_m]$, and $[c_3]$ are measured from point 0 on the beam to points $1, 2, 3$ respectively. A vertical dimension $[r_\Sigma]$ is shown from the horizontal line $0-0'$ to point 0 on the beam. A dashed horizontal line is shown below the beam, and the base is hatched.

26

Для упрощения построения здесь и далее принимается, что все стебли имеют одинаковую длину и отклоняются без изгиба, поворачиваясь как на шарнире вокруг точки роста. Кроме того, срез считается мгновенным.

Перенести точку **A** на петлю второй циклоиды. Поскольку стебель **A** будет выскальзывать из под планки раньше других, построения проводятся именно на нем. Порядок определения C_m таков:

а) определить масштабное значение высоты стеблестоя

$$[L_{ст}] = L_{ст} / \mu, \text{ мм}; \quad (41)$$

б) радиусом $[L_{ст}]$ из точки роста стебля провести дугу до пересечения с траекторией планки в точке **E**;

в) на расстоянии $[r_m]$ от точки **E** найти на траектории вала точку **O_E** (это точка, где находится вал мотовила в момент, когда планка находится в точке **E**);

г) на отклоненном стебле **mE** отметить точку **D** - точку встречи этого стебля с траекторией режущего аппарата. Расстояние по горизонтали между **O_E** и точкой **D** будет максимально возможным выносом $[C_m]$.

18. Для анализа того, что найденное значение выноса является максимально возможным необходимо провести анализ работы мотовила при выносе на 50% больше, чем $[C_m]$ и выносе на 50% меньше $[C_m]$. Обозначить меньший вынос $[C_1]$, а больший вынос $[C_3]$, тогда

$$[C_1] = 0,5 [C_m]; \quad (42)$$

$$[C_2] = [C_m]; \quad (43)$$

$$[C_3] = 1,5 [C_m]. \quad (44)$$

19. Определить ширину **в** полосы стеблей, срезаемых при воздействии на них одной планки с различными значениями выноса (без учета взаимодействия стеблей внутри стеблестоя).

Здесь возможны два варианта:

а) вынос мотовила **C** меняется от 0 до C_m

$$0 \leq C \leq C_m; \quad (45)$$

б) вынос мотовила больше найденного максимального значения

$$C > C_m. \quad (46)$$

При варианте (45) и высоте вала **H_{опт}** величина участка **в** определяется как расстояние между стеблем **mA** (он является первым стеблем, который захватывает планка) и тем стеблем **K**, к которому одновременно подойдут планка и режущий аппарат. При этом планка подходит к стеблю **K** вверх, двигаясь к режущему аппарату (т.е. против хода машины), а режущий аппарат подходит к стеблю **mA** вниз, двигаясь по ходу движения машины. Этот последний стебель (он же является первым стеблем, с которого нож начинает совместную работу с данной планкой) можно найти так:

а) рядом с петлей второй циклоиды на траектории вала отметить произвольную точку **O'** (рис.22) (лучше на участке между первой и второй петлями). Из точки **O'** циркулем провести дугу радиуса r_m от вертикали на угол $\approx 45^\circ$;

б) отложить на дуге от вертикали отрезки $[C_1]$; $[C_2] = [C_m]$ и $[C_3]$ и отметить точки **0**, **1**, **2** и **3** (точкой **0** является пересечение вертикали с дугой);

в) снести точки **0**, **1**, **2**, **3** на траекторию планки и получить соответственно точки **K₀**, **K₁**, **K₂**, **K₃**;

г) расстояния между стеблем **ma** и вертикалями, проведенными через **K₀**, **K₁** и **K₂**, являются искомыми величинами **ϑ₀**, **ϑ₁** и **ϑ₂** для условия (45). Вертикаль проведенная через **K₀**, должна проходить через пересечение ветвей петли вверх (через точку **Б**).

При втором варианте выноса (46) 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 **ϑ₃** соответствует точке **K₃**. Передней границей зоны **ϑ₃** является последний стебель, который срезается ножом и начинает выскальзывать 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**, **K₃**, **m** и **D** (рис. 23). Расстояние от точки **K₃** до стебля **mA** обозначить **ϑ'₃** (это теоретическая ширина полосы стеблей при **C = C₃**);

б) аналогично пункту 17в найти точку **O_E** на траектории вала;

в) на расстоянии **[C₃]** от **O** найти на траектории ножа точку **D'**;

г) провести через **D'** касательную к петле до пересечения с петлей в точке **E'**. В этой точке будет выскальзывать из-под планки стебель, растущий в точке **m'**. На этом заканчивается первый этап приближения;

второй этап приближения

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

е) радиусом **[r_m]** из точки **E'** на траектории вала сделать отметку-точку **O'_E**. Здесь будет вал в момент выскальзывания стебля **m'** из-под планки;

ж) на расстоянии **[C₃]** от **O'_E** найти на траектории ножа точку **D''**. В этой точке будет происходить срез в момент выскальзывания стебля **m'** из-под планки;

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

третий этап приближения

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

к) радиусом **[r_m]** из точки **E''** на траектории вала сделать отметку-точку **O_{E''}**;

л) на расстоянии **[C₃]** 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, что расстояние между точками

$$m''m''' \leq 1 \text{ мм}, \quad (47)$$

построения следует закончить, а расстояние между вертикалями, проведенными через точку **m'''** и **K₃**, принять за **[ϑ₃]**. Если же **m''m''' > 1 мм**, то построения следует продолжить до выполнения условия (47), т.е. проводят четвертый, пятый и т.д. этапы приближения.

20. Построить график зависимости **η = f (C)**. Для этого следует предварительно заполнить вспомогательную таблицу

Вспомогательная таблица для определения η

Вынос вала, м	$C = C_0 = 0$	$C = C_1$	$C = C_2 = C_m$	$C = C_3$
Участок полезной работы b , м	$\theta_0 =$	$\theta_1 =$	$\theta_2 =$	$\theta_3 =$
Коэффициент полезности η , %	$\eta_0 =$	$\eta_1 =$	$\eta_2 =$	$\eta_3 =$

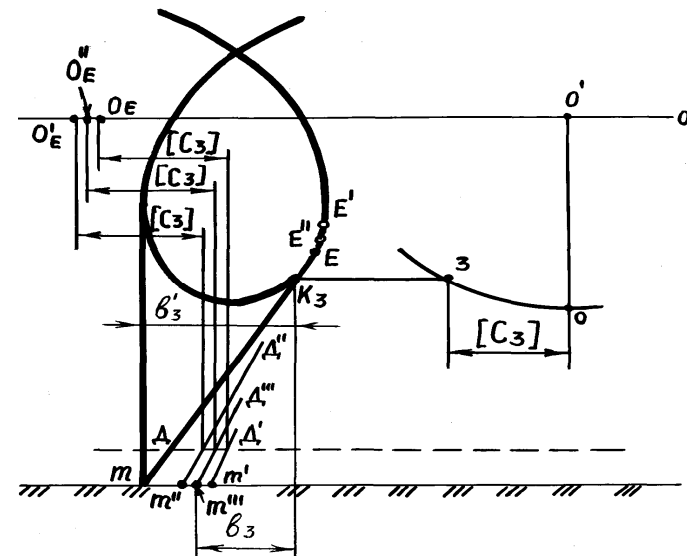


Рис. 23. Схема определения величины θ_3

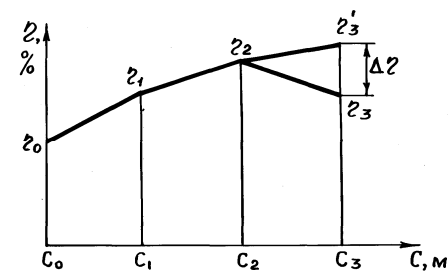


Рис. 24. Образец графика $\eta = f(C)$

Коэффициент полезности находится по формуле

$$\eta_i = 100 \theta_i \varepsilon / S_z, \% \quad (48)$$

Здесь величины θ_i определяются по выражению

$$\theta_i = [\theta_i] \cdot \mu, \text{ м.} \quad (49)$$

При $C = C_3$ необходимо определить два значения коэффициента полезности для $\theta = \theta_3'$ и $\theta = \theta_3$.

Используя данные таблицы, строят график $\eta = f(C)$ (рис. 24) на свободном месте чертежа.

21. Оценить количество стеблей (в %), выскальзывающих из-под планки

$$\Delta\eta = \eta_3' - \eta_3, \% \quad (50)$$

22. Иллюстрация характера воздействия планок мотовила на стеблестой при выносе больше максимально возможного и $H = H_{\text{опт}}$ на протяжении одной величины S_z приведена на рис. 25. Построение провести на четвертой петле циклоиды (при неполной четвертой петле можно использовать первую петлю).

Для этого последовательно отложить следующие участки:

- а) участок стеблей $[\epsilon_3]$, который был захвачен планкой;
- б) участок стеблей $[\epsilon_3']$, который срезается при воздействии планки;
- в) участок стеблей $[\epsilon_4]$, выскальзнувших из-под планки

$$[\epsilon_4] = [\epsilon_3'] - [\epsilon_3], \text{ мм}; \quad (51)$$

г) участок стеблей $[\epsilon_5]$, срезаемый ножом только за счет взаимодействия стеблей внутри хлебостоя

$$[\epsilon_5] = (\epsilon - 1) \cdot [\epsilon_3], \text{ мм}; \quad (52)$$

д) участок стеблей $[\epsilon_6]$, который планка стремится пригнуть к земле, двигаясь от точки A до K_0 ;

е) участок стеблей $[\epsilon_7]$, который планка стремится приподнять перед срезом, двигаясь от точки K_0 до точки K_3 . При этом

$$[\epsilon_6] + [\epsilon_7] = [\epsilon_3'], \text{ мм}. \quad (53)$$

23. На основании анализа по п. 22 объяснить, почему при $[C] = [C_3]$ фактический КПД меньше теоретического, т.е. $\eta_3 < \eta_3'$.

24. Определить влияние высоты установки вала мотовила на КПД.

При подъеме мотовила точка входа планки в хлебостой опускается вниз по циклоиде относительно точки A на такую же величину, на которую было поднято мотовило относительно оптимальной высоты. Наоборот, при опускании мотовила точка планки в стеблестой поднимается вверх по циклоиде.

Для упрощения построений примем, что не вал опускается и поднимается относительно стеблей, а стебли вместе с землей и режущим аппаратом соответственно поднимаются и опускаются относительно вала. Расчеты провести при выносе $C=C_0=0$. Построения выполнить на петле третьей циклоиды в следующем порядке (рис. 26):

а) измерить и записать значение ширины полосы стеблей $[\epsilon_0]$, захваченных планкой при оптимальной высоте установки $[H_{\text{опт}}]$. Эта полоска определится как расстояние по горизонтали между точками A и K_0 ;

б) поднять землю, режущий аппарат и вершину стебля на $0,75 [\ell_{\text{ц}}]$, что соответствует высоте установки вала мотовила $[H_{\text{опт}}] - 0,75[\ell_{\text{ц}}]$. Пересечение траекторий планки с вершиной стеблей обозначить A' .

Замерить и записать значение ширины захваченной полосы стеблей ϵ' как расстояние между A' и K_0 ;

в) опустить землю, режущий аппарат и вершину стебля на $0,75 [\ell_{\text{ц}}]$, что соответствует высоте установки вала мотовила $[H_{\text{опт}}] + 0,75[\ell_{\text{ц}}]$. Пересечение траекторий планки с вершиной стеблей обозначить A'' .

Замерить и записать значение ширины захваченной полосы стеблей ϵ'' как расстояние между A'' и K_0 ;

г) рассчитать КПД мотвила для каждой высоты вала по выражению (48) и построить график его зависимости от высоты (рис.27) на свободном поле чертежа.

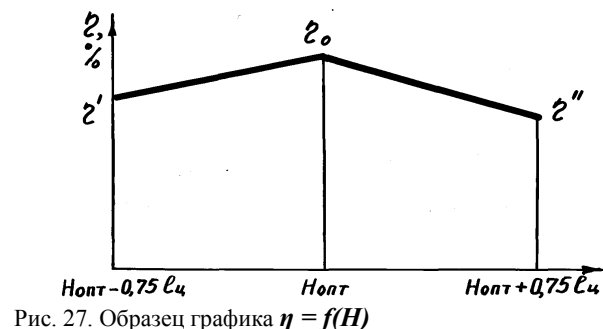


Рис. 27. Образец графика $\eta = f(H)$

Если вал мотвила опускают вниз относительно оптимальной высоты, то стебли, находящиеся между точкой A' входа планки в стеблестой и точкой A , отклоняются (отталкиваются) планкой вперед по ходу движения машины и не входят в зону ϵ' .

25. Приняв $H=H_{\text{опт}}$ и $C=C_0=0$, подобрать кинематический режим работы мотвила, при котором расчетное значение η находится в диапазоне 95...105%. Подбор показателя λ следует производить по уравнению

$$\eta = \frac{Z_n \cdot \varepsilon}{2\pi} \left(\sqrt{\lambda^2 - 1} + \arcsin \frac{1}{\lambda} - \frac{\pi}{2} \right), \% \quad (54)$$

Уравнение (54) не имеет явного решения относительно λ , поэтому поступают следующим образом:

а) задаются некоторым произвольным значением λ в пределах 1...2, подставляют в уравнение (54) и находят η ;

б) если полученное η не попадает в указанный диапазон, то задаются новым значением λ и расчет повторяют. Так поступают до тех пор, пока η не попадет в диапазон 95.....105%;

в) записывают полученное (конечное) значение показателя кинематического режима λ .

26. Сравнить работу проанализированного мотвила с реальным. Для этого, приняв радиус мотвила $R'=0,65$ м, определить масштаб построений (рис.28)

$$\mu' = R' / [r_m], \text{ м/мм.} \quad (55)$$

Последующие построения выполняют в таком порядке:

а) определить значения $[L'_{\text{ст}}]$, $[\ell']$, $[H'_y]$, $[\ell'_{\text{ц}}]$ в новом масштабе посредством деления их действительных значений на μ' ;

б) нанести параметры с полученными размерами на чертеже аналогично рис.20, считая, что планка входит в стеблестой по-прежнему в точке A своей траектории. Сравнить расположение центра тяжести стебля относительно нижней точки петли;

в) измерив $[H']$, сравнив с $[H_{\text{опт}}]$ и определив $[\Delta H]$

$$[\Delta H] = [r_m] \cdot (1 - 1/\lambda) - [\ell'_{\text{ц}}], \quad (56)$$

сделать сравнительную оценку значения оптимальной высоты с результатом предыдущего анализа;

г) определив $[C'_m]$, сравнить возможный диапазон регулировки выноса у ранее проанализированного мотовила и у действительного.

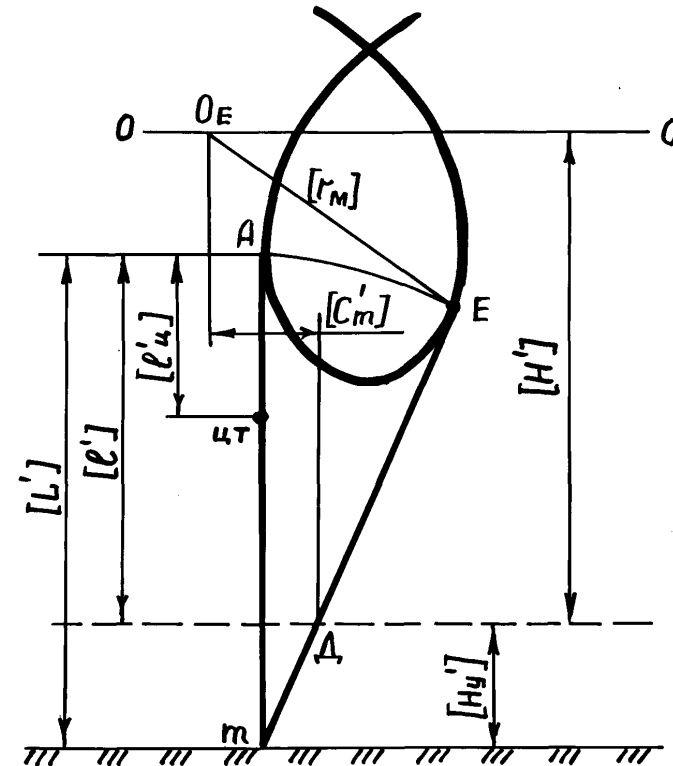


Рис. 28. Анализ реального мотовила

Вопросы и задания выходного контроля

1. Как на практике правильно установить мотовило по высоте?
2. Как называется точка А, чем она характеризуется?
3. Объяснить влияние выноса на КПД мотовила.
4. Дать понятие степени взаимодействия стеблей при работе мотовила.
5. Как устанавливают частоту вращения мотовила в зависимости от скорости движения машины?
6. Дать понятие показателя кинематического режима и пояснить его влияние на качество работы мотовила.
7. Как настроить мотовило на уборку полеглых хлебов при движении навстречу полеглости?
8. Объяснить понятия "укороченная" и "удлиненная" циклоиды.

9. Показать траектории и скорости относительного, абсолютного и переносного движений планки.

10. Показать на чертеже путь, проходимый режущим аппаратом с момента начала и до конца взаимодействия планки со стеблями.

11. Показать ширину полосы стеблей, выскальзывающих из-под планки при увеличении выноса мотовила больше оптимального.

12. Объяснить причины уменьшения КПД при изменении высоты мотовила относительного оптимального значения.

13. Что происходит со стеблями, если планка проходит ниже их центра тяжести?

14. Раскрыть причины вымолота зерна из колоса планкой мотовила.

15. Что такое «рабочий участок» траектории движения планки?

16. Для какого числа планок записаны траектории движения на чертеже?

17. Когда возможен срез стеблей без мотовила?

18. Когда КПД мотовила будет равен нулю 0?

19. Что такое оптимальная высота установки вала мотовила?

20. Чем отличается действительная степень воздействия мотовила на стеблестой от расчетной?

21. Написать уравнение движения планки мотовила.

22. Что такое шаг мотовила? Написать выражение для его расчета.

Работа 3

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЛОТИЛЬНОГО АППАРАТА

Вопросы входного контроля

1. Какие типы молотильных аппаратов применяют на комбайнах?
2. Из каких основных деталей состоит молотильно-сепарирующее устройство?
3. Чем отличаются молотильные аппараты комбайнов "Нива" и "Енисей-1200"?
4. Каково назначение и устройство подбарабана?
5. Каково назначение промежуточного бitera и сепарирующей решетки в двухбарабанном молотильном аппарате?
6. Какие регулировки имеет молотильный аппарат комбайна?
7. Как регулируется частота вращения молотильного барабана?

Содержание работы

Определить массовую подачу убираемой культуры в молотилку и основные параметры билного барабана: длину, диаметр, частоту вращения, мощность, затрачиваемую на обмолот и холостой ход, момент инерции.

Оборудование и инструмент

Вычислительная машинка, чертежный инструмент, рабочая тетрадь.

Исходные данные

Условия работы молотильно-сепарирующего устройства представлены в табл. 3. Скорость движения машины и ширину жатки берут из работы 1.

Таблица 3- исходные данные

Вариант	Урожайность зерна Y_3 , ц/га	Допустимое угловое уско- рение барабана $d\omega / dt$, c^{-2}	Содержание зерна Z_3 , доли единицы
1	14	13	0,44
2	15	14	0,43
3	16	15	0,42
4	17	16	0,41
5	18	17	0,40
6	19	13	0,46
7	20	14	0,45
8	21	15	0,47
9	22	16	0,48
10	23	17	0,44
11	24	13	0,40
12	25	14	0,47
13	26	15	0,49
14	27	16	0,44
15	18	17	0,46
16	19	13	0,48
17	20	14	0,50
18	14	15	0,44
19	15	16	0,43
20	16	17	0,42
21	17	13	0,41
22	18	14	0,40
23	19	15	0,46
24	20	16	0,51
25	21	17	0,42
26	22	13	0,43
27	23	14	0,44
28	24	15	0,45
29	25	16	0,47
30	26	17	0,49

Порядок выполнения работы

а) определить массовую подачу хлебной массы в молотилку

$$q_{XM} = 0,01 Y_3 V_M B_{Ж} / Z_3, \text{ кг/с}; \quad (57)$$

б) определить длину барабана

$$L_B = \frac{6 \cdot 10^3 q_{XM}}{\mu_0 \cdot M}, \text{ мм}, \quad (58)$$

где $\mu_0 = 2,5...3,0$ кг/мин·дм - допустимая нагрузка на 1 дм бича; $M = 6...10$ - число бичей (число должно быть четным);в) определить диаметр барабана $D_B = V \cdot \Delta t \cdot M / \pi$, (59)где $V = 28...32$ м/с - расчетная окружная скорость барабана; $\Delta t = (65...75) \cdot 10^{-4}$ с - промежуток времени между ударами;

г) определить расчетную угловую скорость и частоту вращения барабана

$$\omega_B = 2V / D_B, \text{ с}^{-1}; \quad (60)$$

$$n_B = 30\omega_B / \pi, \text{ мин}^{-1}; \quad (61)$$

д) определить мощность, потребную на холостой ход молотильного аппарата

$$N_1 = (A_B \cdot \omega_B + B_B \cdot \omega_B^3) / 102, \text{ кВт}, \quad (62)$$

где $A_B \omega_B$ - мощность, потребная для преодоления сил трения $A_B = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ кгм}$;

$B_B \omega_B$ - мощность, потребная для сообщения движения воздуху (вентиляторный эффект), $B_B = 0,91 \cdot 10^{-6} \text{ кгм} \cdot \text{с}$;

е) определить мощность, потребную на обмолот

$$N_2 = \frac{q_{XM} \cdot V^2}{g(1 - f_{II})102}, \text{ кВт} \quad (63)$$

где f_{II} - коэффициент перетирания, $f_{II} = 0,65 \dots 0,75$;

ж) определить мощность, потребную для привода барабана

$$N_B = N_1 + N_2, \text{ кВт}; \quad (64)$$

з) определить момент инерции

$$I_B = \frac{102N_2}{\omega_B \cdot d\omega/dt}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad (65)$$

и) сделать оценку и анализ работы молотильного аппарата с полученными параметрами и вычертить его схему.

Вопросы и задания выходного контроля

1. Как влияют окружная скорость и диаметр барабана на качественные показатели работы молотильного аппарата?
2. Что такое коэффициент использования длины барабана?
3. От каких параметров зависит число ударов бичами барабана по колосу?
4. Какие параметры определяют качественные показатели работы молотильно-сепарирующего устройства (МСУ)?
5. Нарисовать график зависимости качественных показателей работы МСУ от его конструктивных параметров и свойств убираемой культуры.
6. Как влияет толщина слоя грубого вороха на процесс выделения зерна в МСУ?
7. Какие факторы влияют на потребляемую мощность молотильным аппаратом?
8. От чего зависит момент инерции барабана?
9. Как влияет пробуксовывание ремня на качественные показатели работы молотильного устройства.
10. Вывести формулу для расчета массы I_m погонной длины вала.
11. Отметить наиболее нагруженные места рабочих элементов молотильного аппарата.

Работа 4

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОЛОМОТРЕСА

Вопросы входного контроля

1. Чем отличаются соломотрясы комбайнов «Нива» и «Енисей-1200»?
2. Как устроены соломотрясы?

3. Какой минимальный зазор допускается между клавишами соломотряса и что необходимо сделать при его уменьшении?

Содержание работы

Определить основные параметры соломотряса: ширину и длину.

Оборудование и инструмент

Вычислительная машинка, чертежный инструмент, рабочая тетрадь.

Исходные данные

Условия работы соломотряса представлены в табл. 4.

Таблица 4 – исходные данные

Вариант	Допустимые потери свободным зерном в соломе P_0 , %	Угол наклона клавиши к горизонту α_c , град.	Радиус кривошипа r_c , м	Частота вращения соломотряса n_c , мин ⁻¹
1	1,20	4	0,040	180
2	1,00	5	0,045	185
3	0,80	6	0,050	190
4	0,85	7	0,055	195
5	0,90	8	0,060	200
6	0,95	9	0,065	205
7	0,80	10	0,040	210
8	0,85	4	0,045	180
9	1,15	5	0,050	185
10	1,25	6	0,055	190
11	0,80	7	0,060	195
12	0,85	8	0,065	200
13	0,90	9	0,040	210
14	0,95	10	0,045	180
15	1,00	4	0,050	185
16	1,30	5	0,055	190
17	1,35	6	0,060	195
18	0,80	7	0,065	200
19	0,85	8	0,040	205
20	0,90	9	0,045	210
21	0,95	10	0,050	180
22	0,80	4	0,055	185
23	0,85	5	0,060	190
24	1,40	6	0,065	195
25	0,75	7	0,040	200
26	0,80	8	0,045	205
27	0,85	9	0,050	210
28	0,90	10	0,055	180
29	0,95	4	0,060	185
30	1,00	5	0,065	190

Порядок выполнения работы

а) определить ширину соломотряса

$$B_C = (1 \dots 1,1) \cdot L_B, \text{ м}, \quad (66)$$

б) определить показатель кинематического режима

$$k_C = r_C \omega_C^2 / g, \quad (67)$$

где ω_C - угловая скорость вала соломотряса, с^{-1} , $\omega_C = \pi \cdot n_C / 30$;

в) определить по графику (рис. 29) среднюю скорость передвижения вороха по клавише V'_{CP} , которая рассчитана для $r_C' = 0,05$ м;

г) определить действительную среднюю скорость передвижения вороха по клавишам соломотряса

$$V_{CP} = V'_{CP} \sqrt{r_C / 0,05}, \text{ м/с}, \quad (68)$$

д) определить толщину слоя вороха на поверхности соломотряса

$$H_C = \frac{(1 - z_3) \cdot q_{XM}}{B_C \cdot \gamma_C \cdot V_{CP}}, \text{ м}, \quad (69)$$

где γ_C - объемная масса соломы на соломотрясе, $\gamma_C = 10 \dots 20 \text{ кг/м}^3$;

е) определить по графику (рис. 30) количество зерна ϵ_1 , просеявшегося через подбарабанье (в процентах от всего зерна, поступившего в молотилку). Влажностью хлебной массы задаются произвольно;

ж) определить коэффициент сепарации

$$\mu = \mu_0 (H_0 / H_C)^m, \text{ м}^{-1}, \quad (70)$$

где $\mu_0 = 1,8 \text{ м}^{-1}$; $H_0 = 0,15$; $m = 0,8 \dots 1,2$, причем, чем выше влажность и больше подача, тем величина m больше;

з) построить график убывания зерна по длине соломотряса (рис. 31) в осях XU в следующем порядке (*зная величины $Y = P_0$, Y_0 и μ , значение L_C можно рассчитать на вычислительной машинке через натуральный логарифм, не строя график*):

- на оси Y отметить точку A , соответствующую количеству зерна Y_0 в процентах, поступившему на начало соломотряса

$$Y_0 = 100 - \epsilon_1, \%, \quad (71)$$

- на этой же оси отметить точку B , соответствующую допустимым потерям зерна в соломе P_0 ;

- рассчитать количество зерна, содержащееся (оставшееся) в ворохе на сепарирующей поверхности на расстоянии x от начала соломотряса, по формуле

$$Y = Y_0 \cdot e^{-\mu x}, \%, \quad (72)$$

x задают с интервалом 0,5 м до тех пор, пока значение Y не станет меньше допустимых потерь P_0 ;

- построить график функции Y ;

и) определить длину соломотряса L_C :

- провести линию допустимых потерь зерна P_0 параллельно оси X ;

- отметить точку C пересечения графика Y с допустимыми потерями P_0 ;

- по точке C на оси X отметить точку D . Расстояние от начала координат до точки

D представляет искомую длину соломотряса L_C ;

к) сделать оценку соломотряса с полученными параметрами (с точки зрения технологического процесса сепарации вороха и размеров соломотряса). Вычертить схему соломотряса.

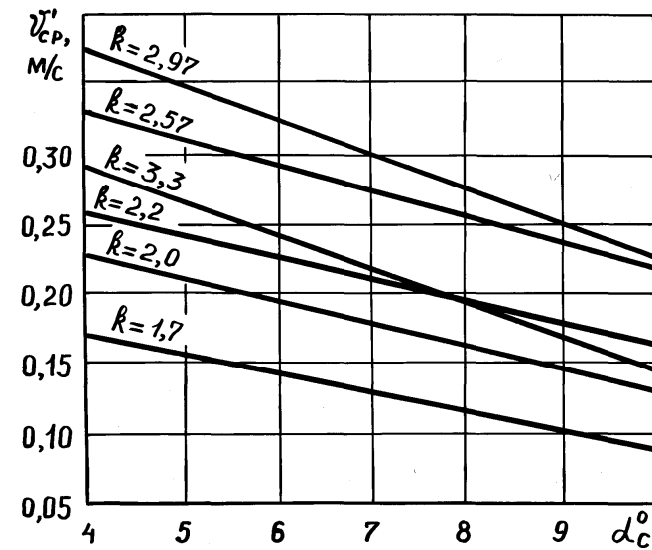


Рис. 29. К определению средней скорости передвижения вороха на клавише при разных показателях кинематического режима

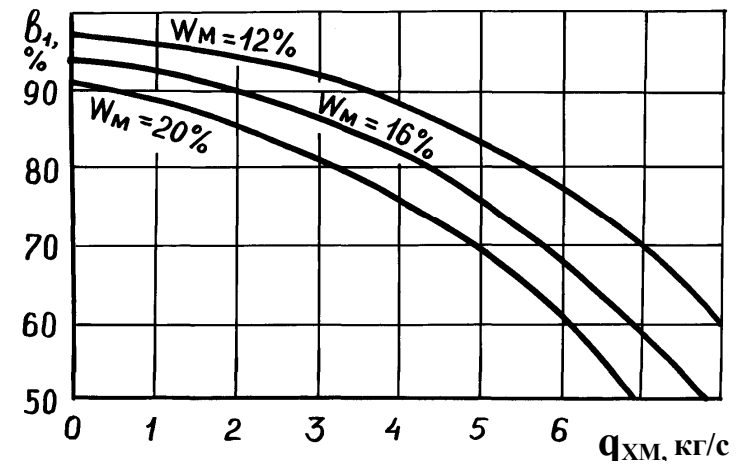


Рис. 30. К определению количества зерна, просеявшегося через подбарабанье при разной влажности хлебной массы

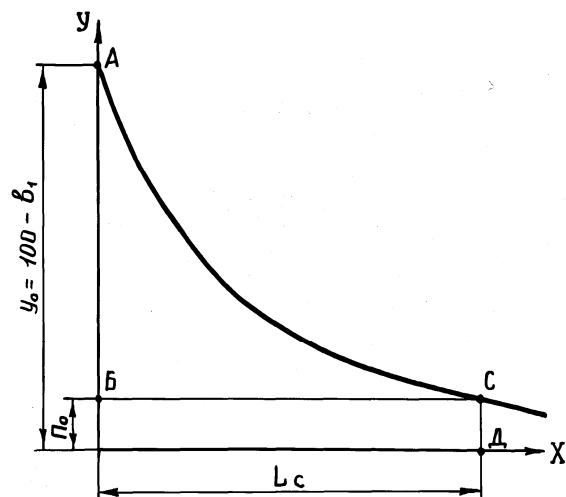


Рис.31. К определению длины соломотряса

Вопросы и задания выходного контроля

1. Каков физический смысл коэффициента сепарации μ ?
2. Нарисовать график изменения потерь свободного зерна в соломе в зависимости от показателя кинематического режима работы клавишного соломотряса.
3. Почему частота вращения коленчатых валов соломотряса выбираются равной $195...200 \text{ мин}^{-1}$?
4. На что влияет залипание решетки клавиш соломотряса?
5. Объяснить влияние установки фартуков над соломотрясом на показатели его работы.

Работа 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Вопросы входного контроля

1. Что понимается под фактической и приведенной подачами хлебной массы в молотилку?
2. Объяснить физический смысл коэффициента соломистости и его практическое определение.
3. Как на практике определяют массу одного метра погонной длины валка?
4. Назвать показатели качества технологического процесса работы комбайна.
5. Как определяют потери свободным зерном в соломе и полове, недомолот, дробление и засорённость бункерного зерна?
6. Какие параметры характеризуют загрузку молотильно-сепарирующих устройств?

Содержание работы

Изучить какими критериями определяется пропускная способность комбайна. Для конкретных условий уборки, заданных в таблице, определить оптимальную пропускную способность.

Исходные данные приведены в табл. 5.

Теоретические предпосылки

Пропускная способность зерноуборочного комбайна q_{\max} это наибольшее количество растительной массы, которое может переработать комбайн в единицу времени без нарушения агротехнических и эксплуатационных критериев. Основными критериями являются:

- 1) допустимые потери зерна молотилкой Π_0 %, $\Pi_0 = 1,5\%$;
- 2) допустимое дробление зерна $Д_0$ %, $Д_0 = 2\%$ для продовольственного зерна, $Д_0 = 1\%$ для семенного зерна;
- 3) минимальная скорость движения комбайна, обусловленная конструкцией, V_{\min} км/ч, $V_{\min} = 1,0 \dots 1,2$;
- 4) максимальная рабочая скорость комбайна V_{\max} км/ч, $V_{\max} = 8 \dots 9$ км/ч;
- 5) номинальная мощность двигателя комбайна N_e , кВт.

Исходя из этого, необходимо выполнение следующих условий:

$$q_{\max} \leq q_{\max}^{(\Pi_0)}, \quad (73)$$

где $q_{\max}^{(\Pi_0)}$ - предельная подача, при которой потери зерна $\Pi \leq \Pi_0$ (рис. 32);

$$q_{\max} \leq q_{\max}^{(Д_0)}, \quad (74)$$

$q_{\max}^{(Д_0)}$ - предельная подача, при которой $Д \leq Д_0$ (рис. 33);

$$q_{\max} \leq q_{\max}^{(V)}, \quad (75)$$

$$q_{\max} \leq q_{\max}^{(N)}, \quad (76)$$

$q_{\max}^{(N)}$ - предельная подача, при которой суммарная мощность, потребная на технологический процесс $N_{\text{тп}}$ и передвижение комбайна $N_{\text{пер}}$, не превышает номинальной мощности двигателя N_e (рис. 35).

Как видно из рис. 33, при малых подачах дробление зерна также может превышать допустимую величину, поэтому необходимо, чтобы

$q_{\max}^{(V)}$ - предельная подача, при которой $V \leq V_{\max}$ (рис. 34);

$$q_{\max} \geq q_{\min}^{(Д_0)}. \quad (77)$$

В определенных условиях уборки (например, высокоурожайная, сухая и легкообмолачиваемая растительная масса, большая ширина захвата жатки) может создаться такая ситуация, когда комбайн даже при движении на минимальной скорости V_{\min} не справляется с поступающей массой. Поэтому необходимо выполнение условия

$$q_{\max} \geq q_{\min}^{(V)}. \quad (78)$$

Таблица 5

Вариант	Влажность растительной массы, W %	Засорённость (по массе) Z, доли единицы	Обмолачиваемость культуры (трудно-легкообмолачиваемая)	Удельная мощность на обработку растительной массы $N_{уд}, \frac{квт}{кг/с}$	Условия передвижения (лёгкие, средние, тяжёлые)	Марка комбайна
1	20	0,01	трудно	6,5	средние	Енисей
2	14	0,1	легко	4,3	тяжёлые	СК-5
3	18	0,03	легко	5,1	тяжёлые	СК-5
4	21	0,09	трудно	7,0	средние	Енисей
5	15	0,05	легко	4,6	тяжёлые	СК-5
6	19	0,02	легко	4,5	средние	СК-5
7	22	0,08	трудно	6,8	лёгкие	Енисей
8	15	0,04	трудно	6,0	тяжёлые	СК-5
9	19	0,07	трудно	6,3	лёгкие	СК-5
10	17	0,06	легко	4,5	тяжёлые	СК-5
11	16	0,07	легко	5,3	тяжёлые	Енисей
12	16	0,04	легко	4,0	средние	СК-5
13	17	0,08	трудно	6,9	лёгкие	СК-5
14	18	0,02	трудно	7,0	средние	Енисей
15	15	0,05	трудно	6,2	лёгкие	Енисей
16	14	0,09	легко	4,9	средние	СК-5
17	19	0,03	трудно	7,1	тяжёлые	Енисей
18	17	0,1	трудно	5,5	тяжёлые	СК-5
19	15	0,01	легко	4,7	тяжёлые	Енисей
20	16	0,01	трудно	6,7	средние	СК-5
21	18	0,1	легко	5,2	лёгкие	СК-5
22	19	0,03	трудно	5,6	средние	Енисей
23	15	0,09	трудно	6,4	тяжёлые	Енисей
24	22	0,05	трудно	7,2	средние	СК-5
25	14	0,02	трудно	5,4	лёгкие	СК-5
26	15	0,08	трудно	6,1	тяжёлые	Енисей
27	21	0,04	трудно	5,5	тяжёлые	СК-5
28	18	0,07	легко	4,2	средние	СК-5
29	14	0,06	трудно	7,0	тяжёлые	Енисей
30	22	0,07	легко	4,5	лёгкие	СК-5

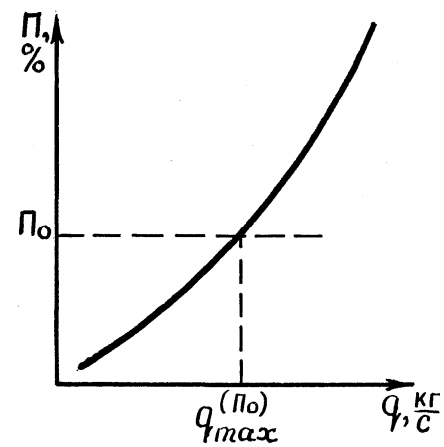


Рис. 32 График зависимости потерь зерна от подачи хлебной массы

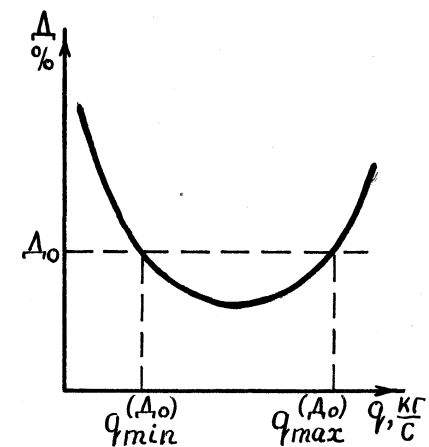


Рис. 33. График зависимости дробления зерна от подачи хлебной массы

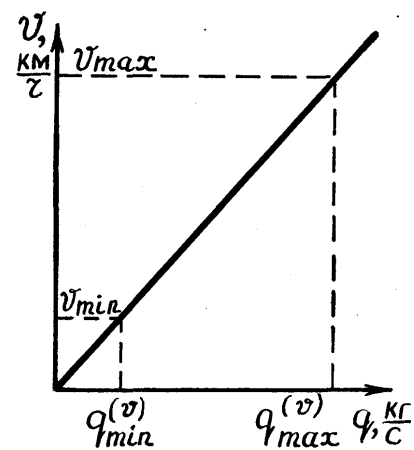


Рис. 34. График зависимости подачи хлебной массы от скорости движения комбайна

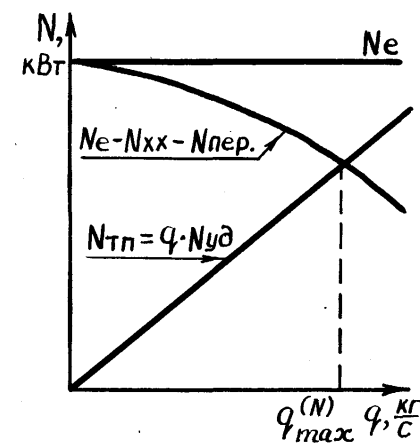


Рис. 35. График зависимости подачи хлебной массы от мощности комбайна

Порядок выполнения работы

1. Выписать из табл. 5 исходные данные для своего варианта. Недостающие данные берут из предыдущих работ.

2. Записать условия (73 - 78), необходимые для определения пропускной способности q_{\max} .

3. Пользуясь номограммами (рис.36 и 37) определить для заданных условий уборки предельные подачи $q_{\max}^{(П_0)}$ и $q_{\min}^{(Д_0)}$.

Правила пользования номограммами поясним на примере. Пусть по исходным данным $W = 18\%$, трудно обмолачиваемая пшеница, комбайн «Енисей-1200». Проводим на номограмме (рис.36) из точки a , соответствующей $W = 18\%$, вертикальную линию. Находим точку δ пересечения этой вертикали с линией $q_{np\max}^{(П_0)}$ для комбайна «Енисей» при уборке трудно обмолачиваемой пшеницы. Затем из точки δ проводим горизонталь на шкалу q_{np} , находим точку ϵ и соответствующую ей величину $q_{np\max}^{(П_0)}$ - наибольшую приведенную подачу, при которой $\Pi \leq \Pi_0$. В нашем примере $q_{np\max}^{(П_0)} = 4,6$ кг/с. Умножив найденную величину подачи на коэффициент приведения k_{Π} , получим величину $q_{\max}^{(П_0)}$

$$q_{\max}^{(П_0)} = k_{\Pi} \cdot q_{np\max}^{(П_0)}, \quad (79)$$

$$k_{\Pi} = \frac{1 - Z_0}{1 - Z_3 + 3} \cdot k_w, \quad (80)$$

где Z_0 - «стандартное» содержание зерна в растительной массе в долях единицы, $Z_0 = 0,4$;

k_w - коэффициент, учитывающий неравномерность подачи от изменения урожайности, $k_w = 0,9 \dots 1,1$;

Z_3 - содержание зерна (из работы 3).

Аналогичным методом определяется $q_{\min}^{(Д_0)}$ (линия a - z - d на рис. 37).

При правильных регулировках и хорошем техническом состоянии рабочих органов комбайна значение $q_{\max}^{(Д_0)}$ существенно превышает подачи, при которых комбайны работают в условиях эксплуатации (это подтверждается практикой использования комбайнов). В связи с этим можно принять, что заведомо $q_{\max} < q_{\max}^{(Д_0)}$ и поэтому определять величину $q_{\max}^{(Д_0)}$ нет необходимости.

Пользуясь номограммой (рис. 38) определить предельные подачи $q_{\min}^{(V)}$ и $q_{\max}^{(V)}$.

Для этого сначала рассчитывают урожайность хлебной массы

$$U_{\text{ХМ}} = Y_3 / Z_3, \text{ ц/га} \quad (81)$$

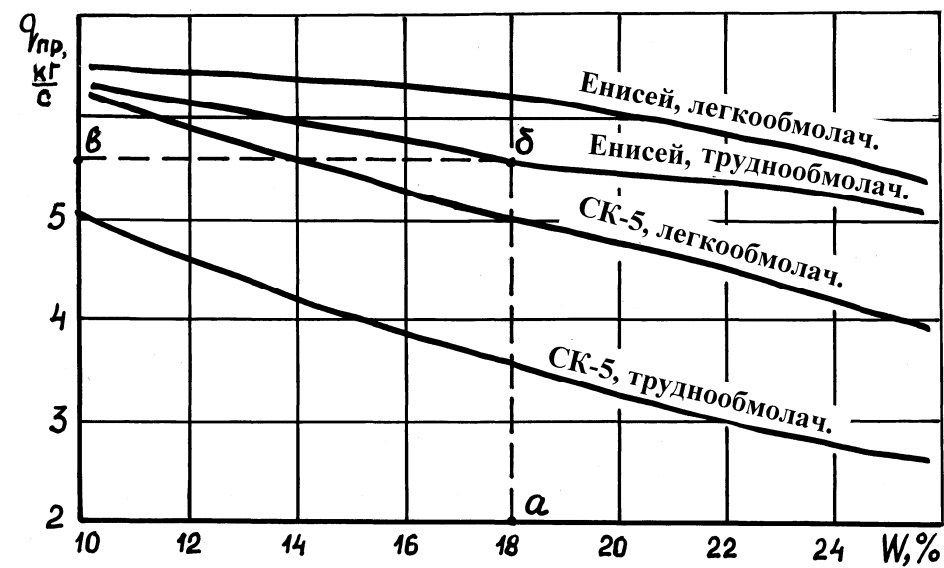


Рис. 36. Номограмма для определения $q_{pr}^{(Po)}$

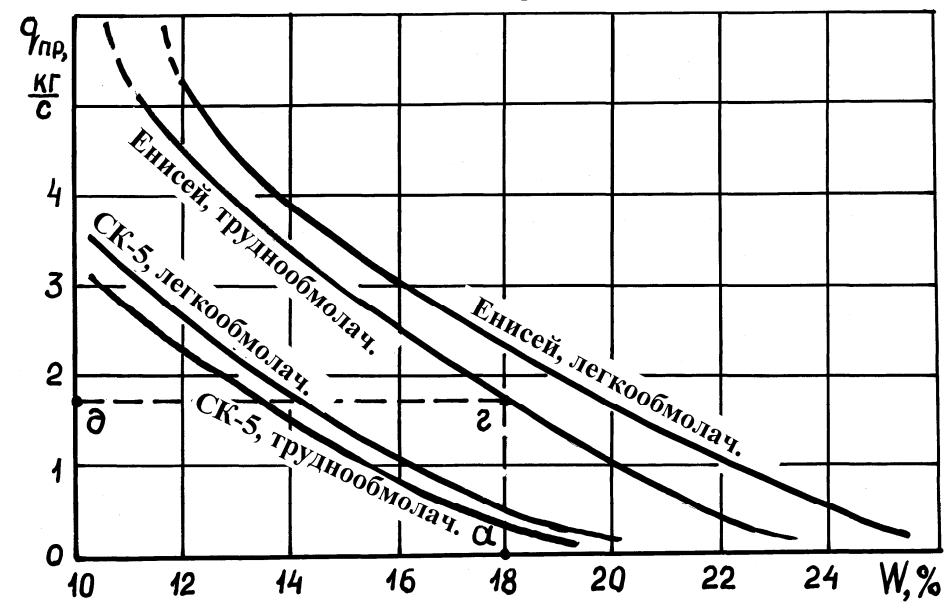


Рис. 37. Номограмма для определения $q_{pr}^{(Do)}$

Пример пользования номограммой. Пусть $U_{\text{хм}} = 44$ ц/га, $B = 6$ м. Из точки **a**, соответствующей $U_{\text{хм}} = 44$ ц/га, проводим вертикальную линию до пересечения с наклонной линией, соответствующей $B = 6$ м. Из точки пересечения **δ** проводим линию **δв** и на шкале G_B получим массу 1 п.м. валка (массу срезанных растений на 1 м хода комбайна). В нашем примере $G_B = 2,6$ кг/м.

Затем в левой части номограммы проводим линию **ов**. Известно, что $V_{\text{min}} = 1$ км/ч, а $V_{\text{max}} = 9$ км/ч. Линия **ов** пересекает вертикали, проведенные из V_{min} и V_{max} в точках **д** и **в**. Соответствующие этим точкам на шкале **q** значения подачи и являются предельными искомыми значениями: $q_{\text{min}}^{(V)} = 0,9$ кг/с (точка **е**); $q_{\text{max}}^{(V)} = 6,3$ кг/с (точка **з**).

4. Для определения $q_{\text{max}}^{(N)}$ используется номограмма на рис. 49.

Пусть $N_{\text{уд}} = 7,5$ кВт/(кг/с), условия передвижения комбайна тяжелые. Из точки **a**, соответствующей $G_B = 2,6$ кг/м, проводим вертикальную линию до пересечения с лучом **од** (точка **δ** соответствует $N_{\text{уд}} = 7,5$ кВт/(кг/с)). Из точки пересечения **δ** проводим горизонталь на шкалу $N_{\text{тп}}$ и получим точку **в**. В левом нижнем квадрате проводим луч **ов** и находим точку **з** пересечения этого луча с линией «Енисей, тяжелые условия передвижения». Затем проводим линию **зд** до пересечения с лучом **оа'** (точка **a'** соответствует $G_B = 2,6$ кг/м) и линию **де**. На шкале **q** получим точку **е** и соответствующие значение $q_{\text{max}}^{(N)} = 5,5$ кг/с.

5. Сделать вывод, при каких значениях подач агротехнические и экспериментальные критерии не будут нарушаться (при правильных регулировках рабочих органов и хорошем техническом состоянии комбайна).

Определить и записать диапазон пропускной способности q_{max} удовлетворяющую условиям (73 - 78).

Вопросы и задания выходного контроля

1. Чем отличается фактическая пропускная способность зерноуборочного комбайна от паспортной?
2. Как зависит пропускная способность от влажности растительной массы? От обмолачиваемой культуры? От засоренности хлебов?
3. Как влияет соломистость растительной массы на пропускную способность?
4. Как учесть при помощи номограмм влияние влажности сорняков на пропускную способность?
5. При каких условиях уборки выгоднее использовать однобарабанные комбайны? Двухбарабанные комбайны?
6. При каких условиях и какими комбайнами рекомендуется убирать зерновые на семена?
7. Пользуясь номограммами (36 – 39) определить характеристики условий уборки, при которых пропускная способность комбайна будет ограничиваться:
 - а) допустимым уровнем потерь зерна молотилкой **По**;
 - б) допустимым уровнем дробления зерна **До**;
 - в) минимальной рабочей скоростью V_{min} ;

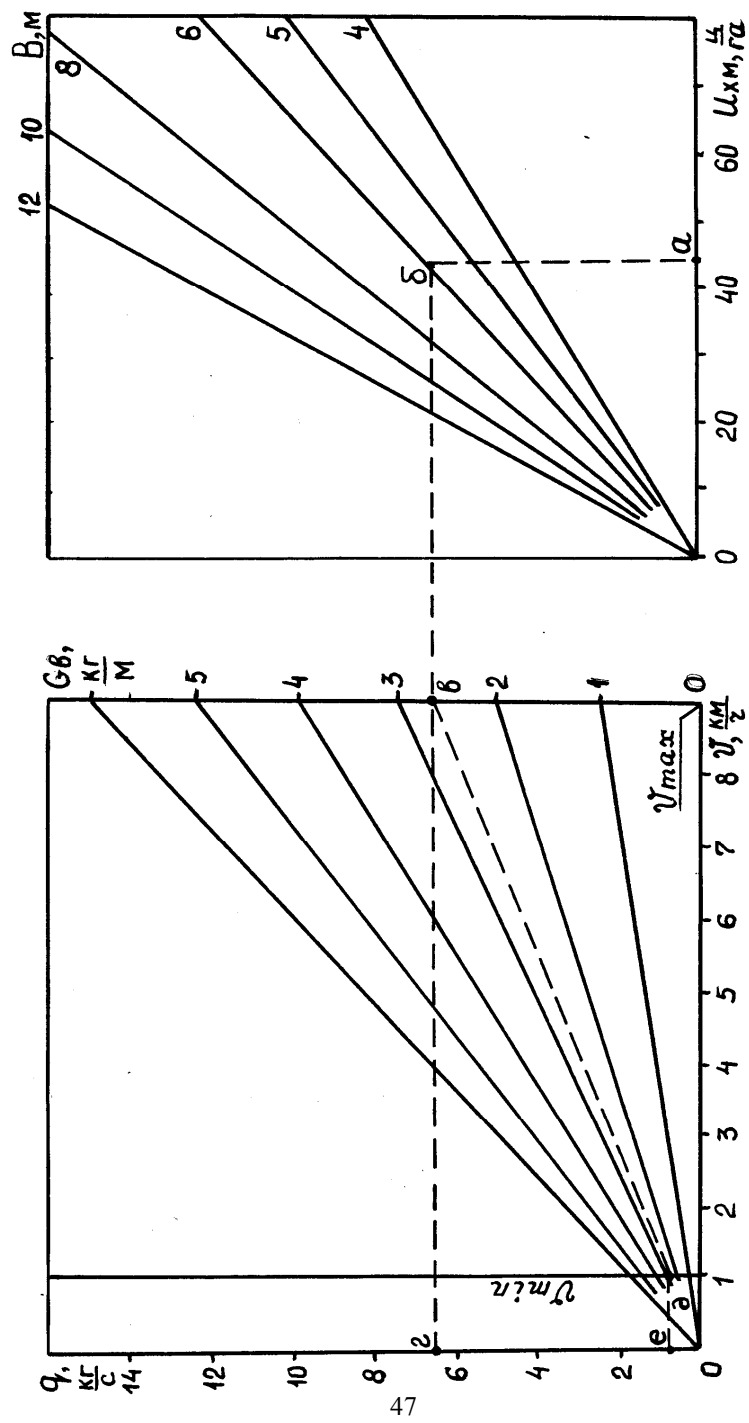


Рис. 38. Номограмма для определения $q_{\max}^{(V)}$ и $q_{\min}^{(V)}$

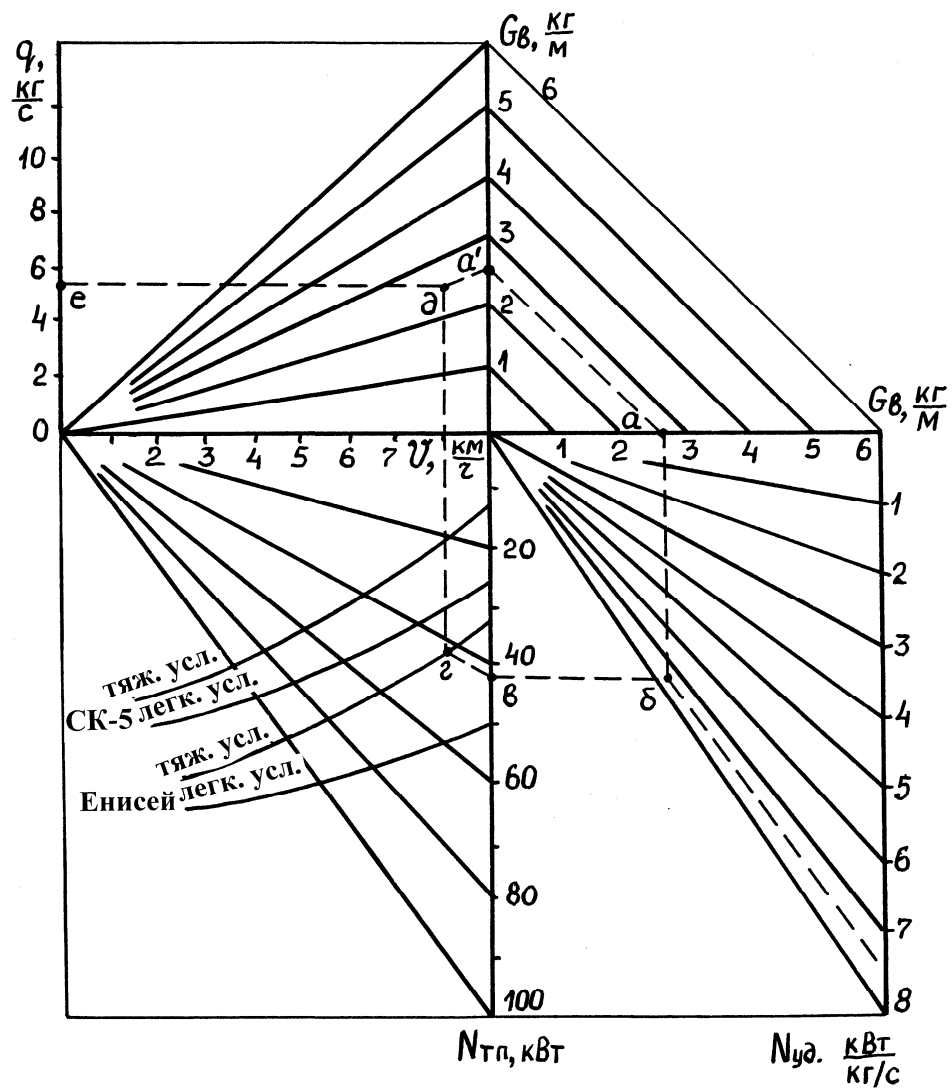


Рис. 39. Номограмма для определения $q_{\max}^{(N)}$

- г) максимальной рабочей скоростью V_{\max} ;
- д) мощностью двигателя N_e .
- 8. От каких факторов зависит производительность комбайна?
- 9. Как зависит мощность, потребная на привод рабочих органов, от их загрузки растительной массой?
- 10. Почему с уменьшением урожайности (при одинаковой загрузке массой) мощность на привод машины растёт?
- 11. Вывести формулы для расчета массы погонного метра валка в зависимости от урожайности и ширины захвата жатки, а также подачи от массы погонного метра валка и скорости движения.

Работа 6 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕШЕТНОГО СЕПАРАТОРА

Вопросы входного 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. В каком случае и каким образом изменяют угол наклона нижнего решета?
5. По каким показателям разделяют зерно на фракции на решетках с продолговатыми отверстиями? С круглыми отверстиями?

Содержание работы

Определить основные параметры очистки. На основании полученных данных построить графики скорости и ускорения грохота, движения вороха на грохоте.

Оборудование и инструмент

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

Исходные данные представлены в табл. 6. Часть данных берется из предыдущих работ.

Порядок выполнения работы

1. Определить подачу вороха на грохот

$$Q_T = [1 - (1 - Z_3)k - 0,01\Pi_0 Z_3] \cdot q_{\text{хм}}, \text{ кг/с}, \quad (82)$$

где k - коэффициент, характеризующий работу молотильно-сепарирующего устройства, определяемый опытным путем. Для комбайна СК-5 при влажности зерна менее 10% $k = 0,6 \dots 0,7$, при влажности 10...15% $k = 0,7 \dots 0,8$, а при влажности выше 15% $k = 0,8 \dots 0,9$. Для комбайна «Енисей-1200» при влажности зерна менее 10% $k = 0,4 \dots 0,5$, при влажности 10..15% $k = 0,5 \dots 0,65$, а при влажности выше 15% $k = 0,65 \dots 0,8$.

2. Определить критические частоты вращения кривошипа грохота при отсутствии воздушного потока:

- а) частота вращения кривошипа, при которой ворох по грохоту не скользит

Таблица 6

Вариант	Угол трения материала о грохот			Радиус кривошипа грохота, r_r , м	Угол наклона грохота к горизонту α_r , град.
	с воздушным потоком		без воздушного потока, φ , град.		
	по потоку φ_1 , град.	против потока φ_2 , град.			
1	10	40	30	0,020	7
2	12	42	30	0,025	6
3	14	43	35	0,030	5
4	16	44	35	0,035	4
5	18	46	35	0,040	3
6	20	48	30	0,045	3
7	22	49	30	0,050	3
8	24	50	35	0,020	7
9	26	52	30	0,025	6
10	28	54	30	0,030	5
11	25	53	35	0,035	4
12	27	55	35	0,040	3
13	29	51	30	0,045	4
14	30	45	35	0,050	3
15	11	41	35	0,020	7
16	13	42	30	0,025	6
17	15	44	30	0,030	5
18	17	45	30	0,035	4
19	19	44	35	0,040	4
20	21	47	35	0,045	3
21	23	49	35	0,050	3
22	25	51	30	0,020	7
23	27	53	35	0,025	6
24	30	55	35	0,030	5
25	16	40	30	0,035	5
26	18	42	35	0,040	4
27	20	44	35	0,045	4
28	22	46	30	0,050	3
29	24	48	35	0,020	3
30	26	50	30	0,025	4

$$n_1 \leq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r_r} \operatorname{tg}(\varphi - \alpha_r)}, \text{ мин}^{-1}; \quad (83)$$

б) частота вращения кривошипа, при которой ворох начинает скользить по грохоту вверх и вниз

$$n_2 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r_r} \operatorname{tg}(\varphi + \alpha_r)}, \text{ мин}^{-1}; \quad (84)$$

в) частота вращения кривошипа, при которой происходит отрыв материала от поверхности грохота

$$n_3 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r_{\Gamma} \operatorname{tg} \alpha_{\Gamma}}}, \text{ мин}^{-1}. \quad (85)$$

3. Определить рабочую частоту вращения колебательного вала грохота

$$n_{\Gamma} = \frac{n_1 + n_2 + 2n_3}{4}, \text{ мин}^{-1}; \quad (86)$$

4. Определить угловую скорость вращения кривошипа грохота

$$\omega_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot n_{\Gamma}}{30}, \text{ с}^{-1}. \quad (87)$$

5. Рассчитать скорость V_{Γ} и ускорение j_{Γ} грохота через 30° угла поворота кривошипа по выражениям

$$V_{\Gamma} = r_{\Gamma} \omega_{\Gamma} \sin \omega t, \text{ м/с}; \quad (88)$$

$$j_{\Gamma} = r_{\Gamma} \omega_{\Gamma}^2 \cos \omega t, \text{ м/с}^2; \quad (89)$$

Результаты расчетов занести в табл. 7.

Таблица 7

Угол поворота кривошипа, $\omega_{\Gamma} t$, град.	Скорость грохота, V_{Γ} , м/с	Ускорение грохота, j_{Γ} , м/с ²
0		
30		
60		
90		
120		
150		
180		

6. Определить ускорение, при котором начинается скольжение материала по грохоту при наличии воздушного потока:

а) скольжение вниз

$$j_1 = g \operatorname{tg}(\varphi_1 - \alpha_{\Gamma}), \text{ м/с}^2; \quad (90)$$

б) скольжение вверх

$$j_2 = g \operatorname{tg}(\varphi_2 + \alpha_{\Gamma}), \text{ м/с}^2; \quad (91)$$

7. Определить время одного оборота кривошипа

$$t_{\Gamma} = 60 / n_{\Gamma}, \text{ с}. \quad (92)$$

8. Построить графики скорости и ускорения грохота (рис. 40) на миллиметровой бумаге в произвольном масштабе, но так, чтобы получилось 1,5 периода на графике скорости. 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 (м/с²) на величину отрезка **oe** (м).

9. Определить масштаб времени

$$\mu_t = t_{\Gamma} / x, \text{ с/м}, \quad (93)$$

где x – расстояние соответствующее одному периоду колебания.

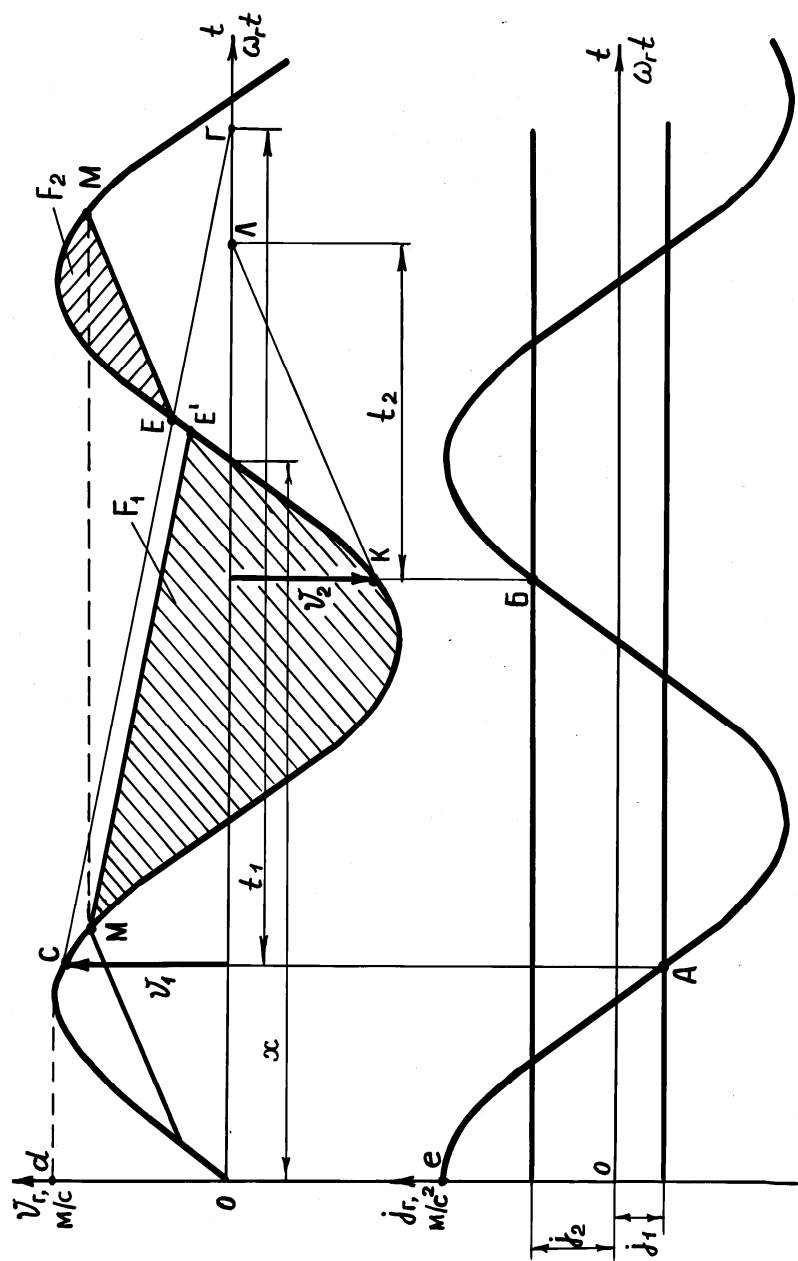


Рис. 40 Графики изменения скорости и ускорения грохота

10. На графике ускорения 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**) и 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 материала станет равна нулю при движении материала вниз по грохоту:

$$t_1 = \frac{V_1}{j_1}, \text{ с,} \quad (94)$$

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

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

12. Определить время, через которое абсолютная скорость материала будет равна нулю при движении частицы вороха вверх по грохоту

$$t_2 = \frac{V_2}{j_2}, \text{ с,} \quad (95)$$

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** провести линию, параллельную **СГ** и отметить на графике скорости грохота точку **Е'** (линия **МЕ'**).

14. Определить величину перемещения вороха по грохоту:

а) при движении вниз

$$S_1 = F_1 \cdot \mu_v \cdot \mu_t, \text{ м,} \quad (96)$$

где F_1 - площадь (м^2), ограниченная линией изменения скорости грохота и прямой линией (**МЕ'**) изменения абсолютной скорости материала при движении вниз по грохоту (площадь определяется подсчетом занятых квадратных миллиметров на миллиметровке).

б) при движении вверх

$$S_2 = F_2 \cdot \mu_v \cdot \mu_t, \text{ м,} \quad (97)$$

где F_2 - площадь (м^2), ограниченная линией изменения скорости грохота и прямой линией (**ЕМ**) изменения абсолютной скорости материала при движении вниз по грохоту (площадь F_2 также определяется подсчетом занятых квадратных миллиметров);

в) результирующее перемещение

$$S = S_1 - S_2, \text{ м.} \quad (98)$$

15. Определить среднюю скорость перемещения материала по грохоту

$$V_{CP} = \frac{S \cdot n_{\Gamma} \cdot \eta}{60}, \text{ м/с}, \quad (99)$$

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

16. Определить толщину слоя вороха на грохоте

$$H_{\Gamma} = Q_{\Gamma} / B_{\Gamma} \gamma_{\Gamma} V_{CP}, \text{ м}, \quad (100)$$

где B_{Γ} - ширина грохота, $B_{\Gamma} = 0,9$ B_C (ширина соломотряса берется из работы 4);

γ_{Γ} - объемная масса вороха на грохоте, $\gamma_{\Gamma} = 50 \dots 60 \text{ кг/м}^3$.

17. Определить, сколько раз надо встряхнуть на грохоте ворох, чтобы выделить из него все зерно

$$n_{BC} = \frac{n_{BC}^1 \cdot H_{\Gamma}}{H}, \quad (101)$$

где n_{BC}^1 - число встряхиваний при толщине слоя вороха $H = 0,12 \text{ м}$, $n_{BC}^1 = 50 \dots 60$.

18. Определить длину грохота

$$L_{\Gamma} = n_{BC} S, \text{ м}. \quad (102)$$

19. Определить длину удлинителя верхнего решета

$$L_{\gamma} = (0,14 \dots 0,20) L_{\Gamma}, \text{ м}. \quad (103)$$

20. Определить напряженность решета

$$q_{\Gamma} = Q_{\Gamma} / B_{\Gamma} L_{\Gamma}, \text{ (кг/с)/м}^2 \quad (104)$$

21. Выбрать конструкцию решета по данным табл. 8

Таблица 8

Тип решета	Пробивное	Плетеное	Жалюзийное
Допускаемая напряженность, q , (кг/с)/м ²	0,3...0,4	0,7...0,85	0,6...0,7

Вопросы и задания выходного контроля

1. Что изменится в технологическом процессе работы нижнего решета при изменении угла его наклона?

2. Назвать нижнюю и верхнюю границы частоты вращения кривошипа грохота, при которых ворох движется:

- только вниз;
- только вверх и вниз.

3. Изобразить силы, действующие на частицу, движущуюся вместе с колеблющимся решетом.

4. При каких показателях кинематического режима частица движется: вниз, вверх-вниз по решетку и отрывается от его поверхности?

5. Определить по графику максимальную относительную скорость перемещения вороха по грохоту при движении вороха вверх или вниз.

6. Определить по графику максимальное ускорение перемещения вороха по грохоту при движении вверх или вниз.

7. Указать на графике скорости момент, когда:

- относительная скорость вороха равна абсолютной;

- б) относительная скорость вороха равна скорости грохота.
 8. Указать на графике скорости вороха величину, отражающую соотношение ускорений j_1 и j_2 .

Работа 7 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯТОРА ВОЗДУШНОЙ ОЧИСТКИ

Вопросы входного контроля

1. С какой целью и как выполняют установочную регулировку вариатора вентилятора очистки?
2. В чем различие регулировок скорости воздушного потока у комбайнов «Нива» и «Енисей»?
3. Какие типы вентиляторов применяют в машинах для уборки и послеуборочной обработки зерна?

Содержание работы

Определить основные параметры вентилятора и вычертить его схему.

Оборудование и инструмент

Чертежный инструмент, вычислительная машинка, рабочая тетрадь.

Исходные данные представлены в предыдущих работах.

Порядок выполнения

1. Определить расход воздуха на работу очистки

$$G = \frac{Q_{\text{ПР}}}{\gamma_B \cdot \chi_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (105)$$

где $Q_{\text{ПР}}$ - подача примесей на грохот

$$Q_{\text{ПР}} = Q_{\Gamma} - q_{\text{ХМ}} \cdot Z_{\Gamma}, \text{ кг/с}; \quad (106)$$

γ_B – объемная масса воздуха, $\gamma_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

χ_B - коэффициент концентрации примесей в единице массы воздуха,

$\chi_B = 0,2 \dots 0,3$ для вентиляторов молотилок.

2. Определить скорость воздушного потока в выходном канале

$$V_{\text{ВЫХ}} = \psi \cdot V_{\text{ВИТ}}, \text{ м/с}, \quad (107)$$

где ψ - коэффициент превышения скорости витания частиц. Для половы

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

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

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

$$V_{\text{ВЫХЗ}} = 9 \dots 11 \text{ м/с}.$$

3. Определить размеры выходного канала прямоугольного сечения

$$F = a \cdot b = G / V_{\text{ВЫХ}}, \text{ м}^2, \quad (108)$$

где a и b - высота и ширина канала, b принимается равной ширине грохота, $b = B_{\Gamma}$,

$$a = \frac{G}{V_{\text{ВЫХ}} \cdot B_{\Gamma}}, \text{ м} \quad (109)$$

4. Определить динамический напор воздуха в выходном канале

$$H_{дин} = \frac{V_{вых}^2 \cdot \gamma_B}{2g}, \text{ н/м}^2, \quad (110)$$

где g - ускорение свободного падения.

5. Определить статический напор воздуха в выходном канале

$$H_{ст} = \frac{1 - k_c^2}{k_c^2} \cdot H_{дин}, \text{ н/м}^2, \quad (111)$$

где k_c - коэффициент, учитывающий сопротивление сети, $k_c = 0,21 \dots 0,25$.

6. Определить полное давление воздуха

$$H = H_{дин} + H_{ст}, \text{ н/м}^2. \quad (112)$$

7. Определить теоретический напор воздуха

$$H_T = H / \eta_B, \text{ н/м}^2, \quad (113)$$

где η_B - КПД вентилятора, $\eta_B = 0,4 \dots 0,5$.

8. Определить диаметр входного отверстия из условия равенства прихода и расхода воздуха

$$D_{BX} = \sqrt{\frac{2G}{\pi \cdot V_{BX}}}, \text{ м}, \quad (114)$$

где V_{BX} – скорость воздушного потока на входе, $V_{BX} = V_{вых}$.

9. Определить размеры лопаток вентилятора, исходя из соотношений

$$D_{BX} / D_1 = 1,0 \dots 1,3; \quad D_1 / D_2 = r_1 / r_2 = 0,35 \dots 0,50,$$

где D_1 и D_2 - внутренний и наружный диаметры лопаток,

r_1 и r_2 - соответствующие радиусы лопаток.

10. Определить угловую скорость вращения вала вентилятора

$$\omega_B = \sqrt{\frac{H_T \cdot g}{\gamma_B (r_2^2 - r_1^2)}}, \text{ с}^{-1} \quad (115)$$

11. Определить частоту вращения вала вентилятора (при условии, что лопатки вентилятора имеют прямолинейную радиальную форму)

$$n_B = \frac{30 \cdot \omega_B}{\pi}, \text{ мин}^{-1}. \quad (116)$$

12. Определить мощность, необходимую для привода вентилятора

$$N_B = \frac{G \cdot H_T}{102 \cdot \eta_{TP}}, \text{ кВт}, \quad (117)$$

где η_{TP} - КПД трансмиссии, $\eta_{TP} = 0,95 \dots 0,98$.

13. Вычертить кожух, окружающий крыльчатку вентилятора (рис. 41). Кожух вентилятора в целях уменьшения гидравлических потерь очерчивается по спирали с использованием данных табл. 9.

Спираль строят следующим образом:

вокруг центра крыльчатки строят квадрат со сторонами a_I 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 .

14. Оценить работу вентилятора.

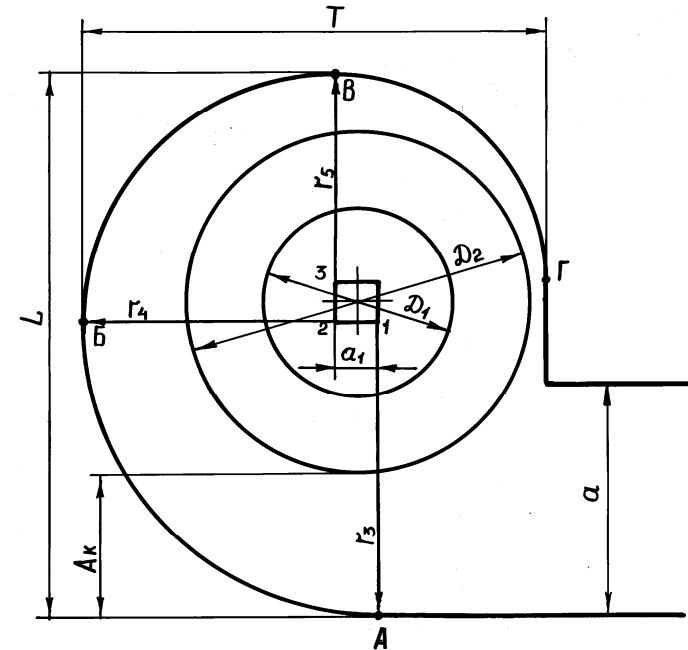


Рис. 41. Построение профиля спирального кожуха вентилятора

Таблица 9

Учебная группа	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

Вопросы и задания выходного контроля

1. Что характеризует динамический напор вентилятора?
2. На что в системе очистки теряется напор воздуха?
3. Где в самом вентиляторе происходит потеря напора воздуха.

4. Объяснить физический смысл КПД вентилятора.
5. Каким путем повышают КПД вентилятора.
6. Показать куда движется частица воздуха, находящаяся на лопатке вентилятора.

Работа 8 РАСЧЕТ ШАХТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Вопросы входного контроля

1. Что понимается под абсолютной и относительной влажностью материала?
2. Объяснить сущность тепло- и влагообмена при сушке материала.
3. Дать понятие конвективного, кондуктивного и сорбционного способов сушки материалов.
4. Какие способы сушки применяют в шахтной и барабанной зерносушилках?
5. Что такое «агент сушки»?
6. Чем отличается фактическая пропускная способность сушилки от паспортной?
7. Какие приборы применяют для контроля процесса сушки зерна?

Содержание работы

Используя $I - d$ - диаграмму влажного воздуха (рис. 42) 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 после сушки;
- е) температуру и относительную влажность зерна после охлаждающей камеры.

Исходные данные приведены в табл. 10.

Порядок выполнения работы

1. Вычертить схему процесса сушки (рис. 43).
2. Определить массу зерна в сушильной камере

$$M_{зск} = q_c \cdot T_c, \quad (118)$$

3. Определить полный объем шахты

$$V_{ш} = V_{ск} + V_{ок}, \text{ м}^3, \quad (119)$$

где $V_{ск}$ - объем сушильной камеры

$$V_{ск} = V_z + V_k, \text{ м}^3, \quad (120)$$

V_z - объем зерна в сушильной камере, определяемый по объемной массе зерна

$$\gamma_z = 750 \text{ кг/м}^3;$$

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

$V_{ок}$ - объем охлаждающей камеры, $V_{ок} = 0,3V_{ск}$ (рис. 44).

4. Определить высоту сушильной камеры $h_{ск}$, высоту охлаждающей камеры

$h_{ок}$ и высоту шахты $h_{ш}$, приняв ширину шахты (длину короба) $b = 0,8...1 \text{ м}$, а отношение $a/b = 1,5...2$.

5. Определить массу влаги, испарившейся в сушильной камере в течение 1 часа

$$M_{вск} = q_c \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2}, \text{ кг/ч.} \quad (121)$$

Таблица 10

Вариант	Влажность зерна перед сушкой W_1 , %	Влажность зерна на выходе из сушильной камеры W_2 , %	Температура зерна на выходе из сушильной камеры t_2 , °C	Температура агента сушки на выходе в сушильную камеру t_1 , °C	Температура атмосферного воздуха t_0 , °C	Относительная влажность атмосферного воздуха ϕ_0 , %	Относительная влажность агента сушки после сушильной камеры ϕ_2 , %	Производительность сушки q_c , кг/ч	Экспозиция сушки T_c , 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	70	7600	0,7
4	23	16	46	90	22	75	65	7800	0,7
5	25	18	51	105	16	85	75	7400	0,8
6	18	14	48	90	20	70	65	8200	0,6
7	20	13	53	95	18	80	75	7600	0,7
8	22	17	50	80	13	75	70	8000	0,6
9	24	15	51	100	23	85	75	7400	0,8
10	26	16	53	110	15	70	60	7200	0,8
11	17	14	55	80	21	80	70	8400	0,5
12	19	15	52	70	17	75	65	8200	0,6
13	21	17	54	70	19	85	75	8000	0,6
14	23	16	46	90	17	70	65	7600	0,7
15	25	18	48	95	21	80	75	7400	0,7
16	18	13	45	80	15	75	70	7800	0,6
17	20	14	55	85	23	85	75	7600	0,7
18	26	15	46	120	13	70	60	7200	0,9
19	24	16	54	105	18	80	70	7600	0,8
20	26	17	47	110	20	75	65	7400	0,8
21	17	13	53	85	16	85	75	8200	0,6
22	19	14	48	90	22	70	65	8000	0,6
23	21	18	52	75	14	80	75	8400	0,5
24	23	17	49	80	24	75	70	7800	0,6
25	25	16	51	120	12	85	75	7400	0,8
26	18	13	50	95	14	70	60	8000	0,6
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	0,8
30	26	17	51	110	15	70	65	7200	0,9

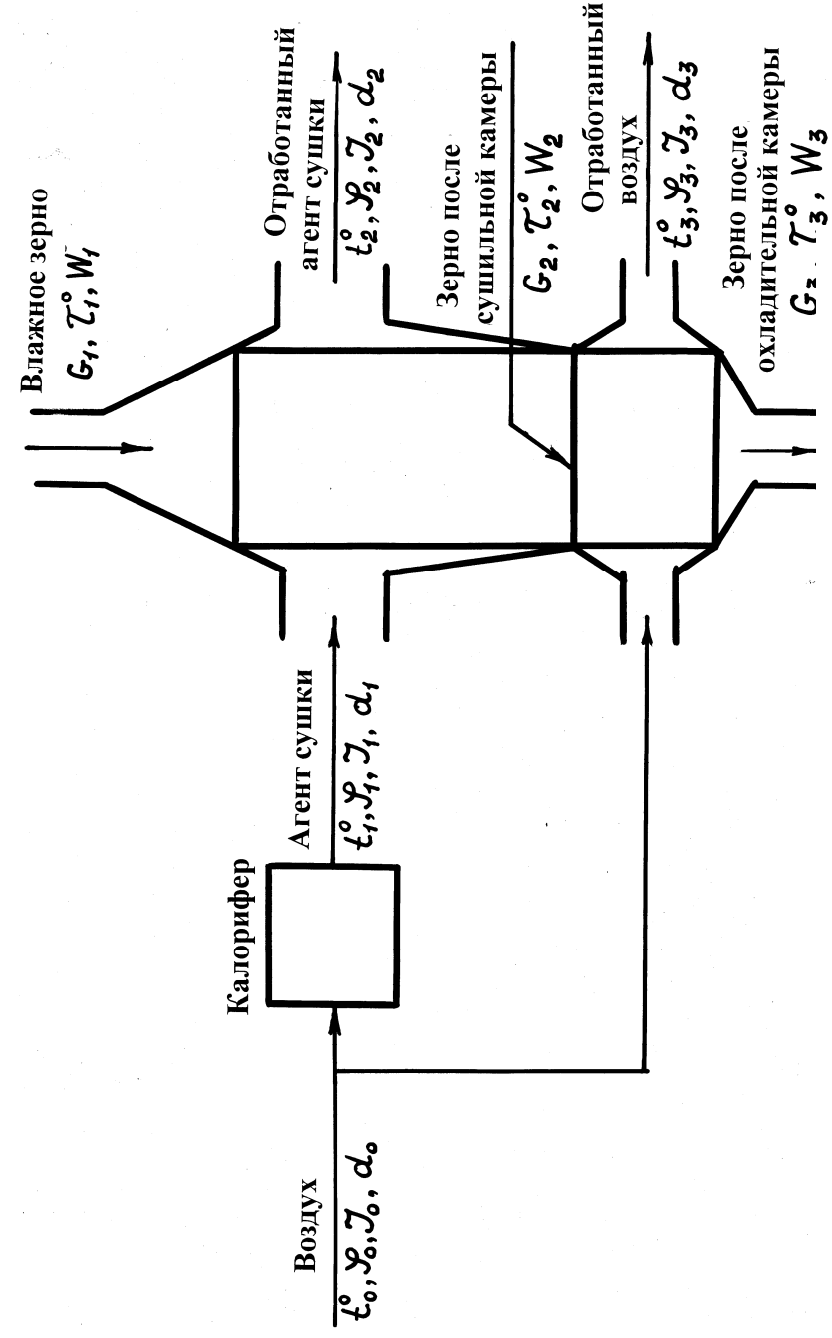


Рис. 43. Схема технологического процесса шахтной зерносушилки

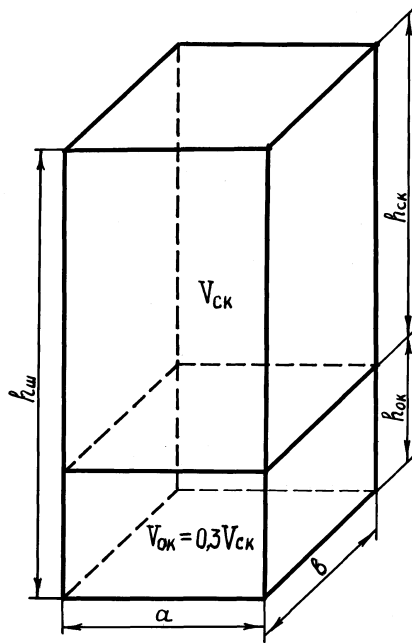


Рис. 44. К определению параметров шахты

6. Определить массу влаги, испарившейся в охладительной камере в течение 1 часа

$$M_{\text{Вок}} = M_{\text{Зок}} \cdot \frac{W_2 - W_3}{100 - W_3}, \text{ кг/ч.} \quad (122)$$

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 воздух перед входом в сушильную камеру. Для этого выполнить следующее:

а) на $I - d$ - диаграмме найти точку 0 с параметрами атмосферного воздуха t_0 и ϕ_0 (см. рис.42). Определить по диаграмме I_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 I_1 и ϕ_1 ;

в) провести на $I - d$ - 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. $I = I_1 = \text{const}$, провести на $I - d$ - диаграмме линию теоретического процесса сушки - линия $1-2'$. Точка $2'$ находится по известным параметрам $\phi_2' = \phi_1$ и $I_2' = I_1$. Определить по диаграмме t_2' и d_2' ;

б) рассчитать потери тепла $\Delta_{\text{СК}}$ агентом сушки в килокалориях на каждый грамм испарившейся влаги

$$\Delta_{СК} = (C_B \cdot \tau_1 - \Delta_3 - \Delta_{OC}) \cdot 10^{-3}, \text{ ккал/г влаги}, \quad (123)$$

где C_B - удельная теплоемкость воды, $C_B = 1 \text{ ккал / (кг град)}$;

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

Δ_3 - потери тепла на нагрев зерна

$$\Delta_3 = M_{3OK} \cdot C_{B3} \cdot (\tau_2 - \tau_1) / M_{BCK}, \text{ ккал/кг влаги}; \quad (124)$$

C_{B3} - теплоемкость влажного зерна

$$C_{B3} = 0,01 C_{C3} \cdot (100 - W_2) + 0,01 C_B \cdot W_2, \text{ ккал / (кг·град)}; \quad (125)$$

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

Δ_{OC} - потери тепла в окружающую среду, отнесенные к 1 кг испарившейся влаги

$$\Delta_{OC} = \frac{F}{M_{BCK}} \cdot K \cdot \left(\frac{t_1 + t_2^1}{2} - t_0 \right), \text{ ккал / кг влаги}, \quad (126)$$

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

K - коэффициент теплопередачи, $K = 1 \text{ ккал / (м}^2 \cdot \text{град)}$.

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

$$1 \frac{\text{г влаги}}{\text{кг воздуха}} \sim \Delta \frac{\text{ккал}}{\text{кг воздуха}}. \quad (127)$$

Левая часть пропорции имеет размерность $[d]$, а правая - размерность $[I]$. 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 $I - d$ - диаграмме линию действительного процесса сушки. Т.к. значение Δ мало, то для повышения точности построения берут величину 10Δ . Для соблюдения условия (127) значение d также должно быть увеличено на 10 единиц. Исходя из этого линию действительного процесса сушки построить как показано на рис. 45 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 ϕ_2). Определить в точке 2 параметры d_2 и t_2 .

9. Определить расход воздуха на каждый килограмм испарившейся влаги

$$\ell_{СК} = \frac{1000}{d_2 - d_0}, \text{ кг воздуха / кг влаги}. \quad (128)$$

10. Определить часовой расход воздуха в сушильной камере

$$L_{СК} = M_{BCK} \cdot \ell_{СК}, \text{ кг/ч}. \quad (129)$$

11. Определить расход тепла на 1 кг испарившейся влаги

$$q = (I_1 - I_0) \cdot \ell_{СК}, \text{ ккал / кг влаги}. \quad (130)$$

12. Определить часовой расход тепла

$$Q = q_c \cdot M_{\text{вск}}, \text{ ккал / ч.} \quad (131)$$

13. Определить температуру зерна после охладительной камеры

$$t_3 = t_0 + (12 \dots 15^\circ), \text{ }^\circ\text{C.} \quad (132)$$

14. Определить температуру отработанного воздуха после охладительной камеры

$$t_3 = t_3 - (0 \dots 6^\circ), \text{ }^\circ\text{C.} \quad (133)$$

15. Провести на $I - d$ - диаграмме линию теоретического процесса охлаждения, приняв $I = I_0$, как показано на рис. 46 и отметить точки m и $3'$ ее пересечения соответственно с линией $d_0 + 10$ и линией $t = t_3$.

16. Определить величину потерь тепла в охладительной камере

$$\Delta_{OK} = 10^{-3} \cdot \left[C_B \cdot \tau_2 + \frac{G_3}{M_{\text{вок}}} \left(C_{C3} \frac{100 - W_3}{100} + C_B \frac{W_3}{100} \right) \cdot (\tau_2 - \tau_3) \right], \text{ ккал/г влаги,} \quad (134)$$

где G_3 - масса зерна, прошедшего через охладительную камеру за час

$$G_3 = M_{\text{зок}} - M_{\text{вок}}, \text{ кг/ч.} \quad (135)$$

17. Построить на $I - d$ - диаграмме линию действительного процесса охлаждения (см. рис. 46) в следующем порядке:

а) отложить от точки m вверх значение $10 \cdot \Delta_{OK}$ и отметить точку n ;

б) провести линию $o - n$ до пересечения с линией $t = t_3$ в точке 3. Линия $o - 3$ показывает действительный процесс охлаждения;

в) определить по диаграмме параметры d_3 , I_3 , φ_3 .

18. Определить расход воздуха на каждый килограмм влаги, испарившейся в охладительной камере

$$l_{OK} = \frac{1000}{d_3 - d_0}, \text{ кг воздуха / кг влаги.} \quad (136)$$

19. Определить часовой расход воздуха в охладительной камере

$$L_{OK} = M_{\text{вок}} \cdot l_{OK}, \text{ кг/ч.} \quad (137)$$

20. Определить производительность вентилятора

$$L = L_{\text{ск}} + L_{OK}, \text{ кг/ч.} \quad (138)$$

21. Записать в табл. 11 параметры агента сушки и зерна на различных стадиях процесса сушки.

Вопросы и задания выходного контроля

1. Почему при одном и том же влагосодержании горячий воздух имеет меньшую относительную влажность, чем холодный?

2. Почему при одном и том же теплосодержании влажный воздух имеет меньшую температуру, чем сухой?

3. Почему потери тепла в сушильной и охладительной камерах имеют различные знаки?

4. Может ли быть $t_3 > \tau_3$? $t_3 < \tau_3$? В каких случаях?

5. Проанализировать, как влияют на потери тепла в атмосферу:

а) размеры сушильной камеры;

б) соотношения размеров сушильной камеры a/v и $a/h_{\text{ск}}$ при неизменном объеме $V_{\text{ск}}$.

Таблица 11

Стадия процесса	Точка на диаграмме	Агент сушки				Зерно		
		t	I	φ	d	G	τ	W
До калорифера	0							
На входе в сушильную камеру	1							
После сушильной камеры (теоретический процесс)	2'							
После сушильной камеры (действительный процесс)	2							
Перед охладительной камерой	0							
После охладительной камеры (теоретический процесс)	3'							
После охладительной камеры (действительный процесс)	3							

6. Построить графики зависимости потерь тепла в атмосферу

$$\Delta_{OC} = f_1(a/\epsilon) \quad \text{и} \quad \Delta_{OC} = f_2(a/h).$$

7. Определить, при каких размерах сушильной камеры a , ϵ и $h_{СК}$ потери тепла в атмосферу будут наименьшими. Объем считать неизменным.

8. До какой температуры разрешается нагревать семенное зерно? Продовольственное зерно?

9. От каких параметров зависит массовый расход агента сушки?

10. Предложите способы энергосбережения.

11. Что такое усушка? Как она рассчитывается?

12. Вывести формулу для расчёта массы удаляемой влаги.

13. Как зависит предельная температура агента сушки и экспозиция сушки от исходной влажности зерна?

14. Написать формулу для расчёта пропускной способности сушилки.

15. Как изменяется пропускная способность сушилки в зависимости от исходной влажности?

16. Как изменяется предельная температура нагрева зерна в зависимости от его входной влажности и продолжительности пребывания в нагретом состоянии?

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Работа 1. Изучение технологического процесса работы сегментно-пальцевого режущего аппарата	4
Работа 2. Анализ технологического процесса работы мотовила	22
Работа 3. Расчет основных параметров молотильного аппарата	34
Работа 4. Расчет основных параметров соломотряса	36
Работа 5. Определение пропускной способности зерноуборочного комбайна	40
Работа 6. Расчет основных параметров решетного сепаратора	49
Работа 7. Расчет основных параметров вентилятора воздушной очистки	55
Работа 8. Расчет шахтной зерносушилки	58

Сельскохозяйственные машины
Методическое пособие по расчетному курсу
Часть 2

Машины для уборки и послеуборочной обработки зерновых культур

Методическое пособие по расчетному курсу для студентов заочной и очной
форм обучения инженерных специальностей

Составители: Головатюк Виктор Антонович
Щукин Сергей Геннадиевич

Объем 4,5 усл. печ. л.

Формат 84x108¹/₃₂

Тираж 100 экз.

Заказ №