

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Казанский государственный аграрный университет»

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

(Часть 3)

ПРАКТИКУМ

**(для студентов очной, заочной формы обучения ИМиТС
по направлению 35.03.06 – Агроинженерия)**

КАЗАНЬ, 2018

УДК 631.6

ББК 40.6

Составители: к.т.н., доцент Булгариев Г.Г., к.т.н., доцент Халиуллин Д.Т., к.т.н., доцент Хусаинов Р.К.

Рецензенты:

к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанского
государственного аграрного университета»

Г.В. Пикмуллин

к.т.н., доцент ФГБОУ ВО Казанского
государственного
архитектурно-строительного университета

М.М. Земдиханов

Практикум обсуждён, утвержден и рекомендован к печати на заседании кафедры машин и оборудования в агробизнесе протокол № _ от января 2018 года.

Практикум обсужден, одобрен и рекомендован к печати на заседании методической комиссии института механизации и технического сервиса, (протокол № от января 2018 года)

Булгариев Г.Г. Технологические свойства сельскохозяйственных материалов. Часть 3: Практикум / Г.Г. Булгариев, Д.Т. Халиуллин, Р.К. Хусаинов – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. – 32 с.

Изучение дисциплин «Технологические свойства сельскохозяйственных материалов» и «Технологические свойства зерна» направлено на формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО 35.03.06 – Агроинженерия.

УДК 631.6

ББК 40.6

© Казанский государственный аграрный университет, 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 11 «Исследование, определение рабочего объема катушечного высевающего аппарата и толщины активного слоя семян»	5
Лабораторная работа № 12 «Изучение, анализ процесса работы и расчет параметров сегментно-пальцевых режущих аппаратов».....	10
Лабораторная работа № 13 «Изучение, анализ процесса работы и определение параметров мотвила уборочных машин».....	14
Лабораторная работа № 14 «Изучение, анализ рабочего процесса молотильных устройств и определение прочности связей зерна с колосом».....	19
Лабораторная работа №15 «Изучение и технологический расчет процесса сушки ».....	24
Список использованной литературы.....	31

ВВЕДЕНИЕ

Рабочие органы всех сельскохозяйственных машин и орудий, взаимодействуя с обрабатываемым материалом, выполняют технологические процессы, при которых происходят качественные изменения этого материала – его размеров, формы, технологических и физико-механических свойств. Однако систематическое изучение этих свойств в должных масштабах еще не организовано, что наносит большой ущерб научно-техническому прогрессу.

В связи с этим, целью настоящей работы является помощь студентам в закреплении знаний, полученные при изучении технологических свойств сельскохозяйственных материалов. Выполнение методических указаний по практикуму должно способствовать также развитию у студентов в проведении самостоятельных научных исследований.

В практикуме изложены общие сведения и порядок выполнения лабораторных работ по технологическим свойствам сельскохозяйственных материалов:

1. Определение рабочего объема катушечного высевающего аппарата.
2. Анализ процесса работы и расчет параметров сегментно-пальцевых режущих аппаратов.
3. Определение параметров мотвила уборочных машин.
4. Анализ рабочего процесса молотильных устройств.
5. Технологический расчет процесса сушки.

После изучения каждой лабораторной работы студенты должны отчитываться в письменной и устной форме с указанием соответствующих выводов.

Данный практикум позволит:

- более полно ознакомить студентов с сущностью технологических процессов, выполняемых рабочими органами сельскохозяйственных машин;
- освоить методы и приёмы практической работы с рабочими и вспомогательными органами машин применительно к реальным и конкретным условиям;
- приобрести практические навыки анализа закономерностей технологических процессов, выполняемых сельскохозяйственными машинами.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

«ИССЛЕДОВАНИЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА КАТУШЕЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА И ТОЛЩИНЫ АКТИВНОГО СЛОЯ СЕМЯН»

Цель работы.

Определить рабочий объем катушки, толщину активного слоя семян и продольную неравномерность высева семян катушечного высевающего аппарата.

Общие сведения.

Основным критерием оценки качества работы, высевающих аппаратов семян является: количество, обеспечивающего норму высева и неравномерность высева семян. Количество высеянных семян зависит от объема желобков рабочей части катушки, числа оборотов катушки и толщины активного слоя.

Объем желобков рабочей части катушки определяется различными способами:

1) По площади отпечатка поперечного контура катушки с помощью планиметра. Тогда площадь поперечного сечения желобков вычисляется как:

$$F_{жс} = \frac{\pi d^2}{4} - F_k, \quad (11.1)$$

где $F_{жс}$ – площадь поперечного сечения желобков, $мм^2$;

π – число Архимеда, равный 3,14;

d – диаметр выступов катушки, $мм$;

F_k – площадь отпечатка поперечного контура катушки, $мм^2$;

Объем желобков рабочей части катушки определяется по формуле:

$$V_{жс} = F_{жс} l, \quad (11.2)$$

где $V_{жс}$ – объем желобков, $см^3$;

$F_{жс}$ – площадь поперечного сечения желобков, $мм^2$;

l – длина рабочей части катушки, $см$.

2) Объем желобков $V_{жс}$ рабочей части катушки определяется как произведение площади поперечного сечения одного желобка на число желобков Z и на рабочую длину катушки l :

$$V_{жс} = f_{жс} Z l, \quad (11.3)$$

где $V_{жс}$ – объем желобков, $см^3$;

$f_{жс}$ – площадь поперечного сечения желобков, $мм^2$.

l – длина рабочей части катушки, $см$;

Z – число желобков, *шт.*

Здесь площадь поперечного сечения желобков $f_{жс}$ находится исходя из геометрических размеров желобка.

3) Установить на весы сосуд с водой, с точностью до 0,01 г, определить его массу m_1 . Заделать заподлицо все отверстия и углубления на торцах катушки,

подвесить ее на тонкой нити к штативу отпустить в воду до полного погружения.

Определить массу с погруженной в воду катушкой m_2 .

Вычислить объем катушки по формуле:

$$V_k = (m_2 - m_1) \gamma, \quad (11.4)$$

где V_k – объем катушки, см^3 ;

m_1 – масса катушки, г ;

m_2 – масса воды с катушкой, г ;

γ – плотность воды, которая при 20...22°C равна 0,998 $\text{г}/\text{см}^3$;

Рассчитать объем катушки V_\emptyset по диаметру ее выступов:

$$V_\emptyset = \frac{\pi d^2}{4} l_p, \quad (11.5)$$

где V_\emptyset – объем катушки по диаметру ее выступов, см^3 ;

d – диаметр выступов катушки, см ;

l_p – рабочая длина катушки, см .

Затем определить объем желобков катушки из выражения:

$$V_{жс} = V_\emptyset - V_k \quad (11.6)$$

где V_\emptyset – объем катушки по диаметру ее выступов, см^3 ;

V_k – объем катушки, см^3 ;

$V_{жс}$ – объем желобков, см^3 ;

Также определить объем желобков ее рабочей части по формуле:

$$V'_{жс} = V_{жс} \frac{l_p}{l}, \quad (11.7)$$

где $V'_{жс}$ – объем желобков рабочей части катушки, см^3 ;

$V_{жс}$ – объем желобков, см^3 ;

l – длина желобков катушки, см ;

l_p – рабочая длина катушки, см .

Оценка продольной неравномерности высева

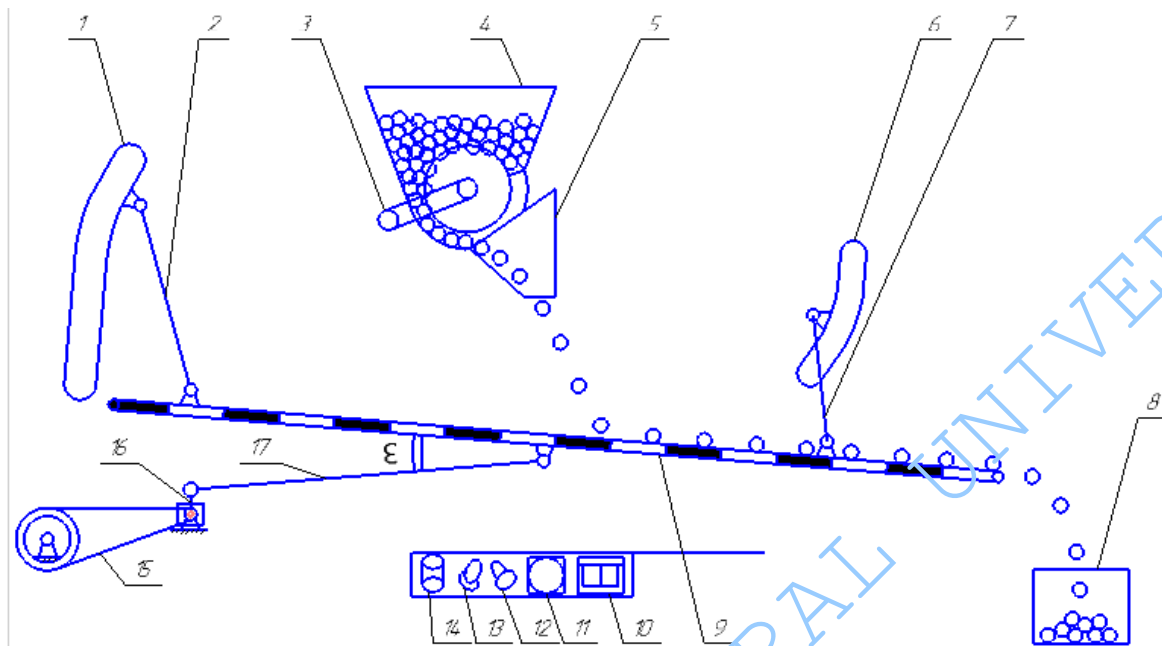
Может производиться по характеру распределения зерен на движущейся ленте. Такой метод оценки неравномерности высева является условным, так как не учитывает ряда факторов (колебания сеялки при движении по рельефу и т.д.). Однако, располагаясь характеристиками неравномерности, полученными по этому методу для различных рабочих органов, можно дать сравнительную характеристику влияния рабочих органов на неравномерность высева и выявить лучший из них.

Показателями продольной неравномерности является средняя арифметическая величина m , среднее квадратичное отклонение σ , коэффициент вариации V , а также кривая распределения зерен по длине ряда.

Описание лабораторной установки.

Установка (рисунок 11.1) состоит из катушечного высевающего аппарата 4, семяпровода 5, ленточного горизонтального транспортера 9. Привод транс-

портера и катушечного аппарата осуществляется от электродвигателя с трансмиссией.



1, 6 – регуляторы наклона транспортера; 2, 7 – балансиры; 3 – питатель; 4 – катушечный высевочный аппарат с приводом; 5 – семяпровод; 8 – тара; 9 – ленточный транспортер; 10 – установочная таблица; 11 – вольтметр; 12 – регулятор частоты колебаний; 13 – выключатель; 14 – розетка

Рисунок 11.1 – Схема лабораторной установки

Лента разбивается на участки длиной 50 мм. Граница участков намечена краской. Семенной ящик должен быть заполнен не менее $\frac{1}{3}$ его объема. Скорость транспортера регулируется реостатом на пульте управления или переключением цепной передачи при помощи блока звездочек.

Порядок выполнения работы:

1. Определить объем желобков рабочей части катушки одним из трех способов (по указанию преподавателя).
2. Установить частоту вращения вала высевочного аппарата: 1,10; 2,37; 3,40; 7,4.
3. Установить рабочую длину l_p катушки (5; 15; 25; 35 мм).
4. Включить установку для установления нормального процесса высева.
5. Включить установку для контрольного замера (10 оборотов вала высевочного аппарата).
6. Определить массу высевочных семян.
7. Определить объемную массу семян.
8. Вычислить рабочий объем катушки по формуле:

$$V_0 = \frac{M_{cp}}{n \gamma_c}, \quad (11.8)$$

где V_0 – рабочий объем катушки, $см^3$;

M_{cp} – масса высеянных семян (средняя), г;

γ_c – объемная масса семян, г/см³;

n – количество оборотов высевающего аппарата;

9. Определить объем активного слоя катушки из выражения:

$$V_{акт} = V_0 - V_{жс}, \quad (11.9)$$

где $V_{акт}$ – объем активного слоя катушки, см³;

V_0 – рабочий объем катушки, см³;

$V_{жс}$ – объем желобков, см³.

10. Вычислить условную толщину активного слоя (рисунок 11.1):

$$C_y = \frac{V_{акт}}{\pi d l_p}, \quad (11.10)$$

где C_y – условная толщина активного слоя, см;

$V_{акт}$ – объем активного слоя катушки, см³;

d – диаметр выступов катушки, см;

l_p – рабочая длина катушки, см.

11. Действительная толщина активного слоя находится из выражения:

$$C_{\partial} = C_y (m + 1), \quad (11.11)$$

где C_{∂} – действительная толщина активного слоя, см;

C_y – условная толщина активного слоя, см;

m – показатель, характеризующий быстроту затухания скорости семян в активном слое. Он равен 2,6 – для пшеницы и ячменя; 2,5 – для овса; 1,7 – для льна; 1,4 – для проса.

12. Занести результаты обработки опытных данных в таблицу 11.1.

13. Построить график изменения рабочего объема катушки и толщины активного слоя в зависимости от длины рабочей части (от частоты вращения катушки).

Порядок выполнения работы для определения продольной неравномерности распределения семян.

1. Установить рабочий орган (семяпровод или сошник).

2. Регулятор нормы высева установить на делении № ____.

3. Покрыть часть ленты транспортера с различными участками тонким слоем клея или установить на транспортер секционный желоб.

4. Включить электродвигатель транспортера. При появлении контрольной мерки на ленте - включить высевающий аппарат.

5. После высева семян на различных участках выключить электромотор.

6. Подсчитать количество зерен m_i на каждом участке (ячейке). Результаты записать в таблицу 11.2.

7. Определить среднее количество зерен на участках:

$$\bar{M} = \frac{\sum m_i}{n}, \quad (11.12)$$

где \bar{M} – среднее количество зерен на участке, шт;

m_i – количество зерен на участке;

n – количество участков.

Среднеквадратическое отклонение определяется как:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_1^n (m_i - \bar{M})^2}{n-1}}, \quad (11.13)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;

\bar{M} – среднее количество зерен, шт;

n – количество участков.

Коэффициент вариации находится из выражения:

$$V = \pm \frac{\sigma}{\bar{M}} \cdot 100\%, \quad (11.14)$$

где V – коэффициент вариации;

σ – среднеквадратическое отклонение;

\bar{M} – среднее количество зерен на участке, шт;

8. Построить кривую распределения зерен по участкам для обоих вариантов.

9. Сравнить неравномерность высева при использовании различных скоростей движения транспортера или при различной частоте вращения вала высевающего аппарата.

Таблица 11.1 – Расчет параметров катушечного высевающего аппарата

№№ опыта	Длина катушки l_p , мм	Угловая скорость W , рад/с	Объем			Толщина активного слоя	
			Общий V_0 , см ³	Желобков $V_{жс}$, см ³	Активного слоя $V_{акт}$, см ³	Условная C_y , мм.	Действительная C_d , мм.
1							
2							
3							
4							
5							

Таблица 11.2 – Данные опытов и результаты обработки опытных данных по определению неравномерности высева

Участки Опыты	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
1. m_i , шт.										
2. $(m_i - \bar{M})$										
3. $(m_i - M_{cp})^2$										
4. σ										
5. V										

Длина обода сеялки СЗП-3,6:

L_1 (при $D = 550$ мм) = 1,73 м (каток);

L_2 (при $D = 710$ мм) = 2,23 м (колесо).

При $V = 3$ м/с

$n_1 = 115 \text{ мин}^{-1}$ (каток);

$$n_2 = 26 \text{ мин}^{-1} (\text{колесо})$$

Таблица 11.3 – Передаточные отношения привода сеялки

№ установки	i от катков	i от колес	Рекомендуемая культура
1	0,100	0,124	просо
2	0,215	0,268	гречиха
3	0,310	0,386	пшеница, ячмень
4	0,670	0,837	овес

Частота вращения вала высевающего аппарата при скорости агрегата 11,7 км/ч. От колес $n = 10,7; 23,0; 33,0; 72,0 \text{ об/мин}$; угловая скорость $\omega = 1,03; 2,26; 3,26; 7,00 \text{ с}^{-1}$. От катков $n = 11,5; 24,3; 35,0; 76,00 \text{ об/мин}$; $\omega = 1,10; 2,37; 3,40; 7,60 \text{ с}^{-1}$.

Вопросы для самостоятельного контроля:

1. Какие методы используются для определения объема желобков катушки высевающего аппарата?
2. Что такое условная толщина активного слоя?
3. Какие параметры используются для оценки распределения зерен после высева?
4. Что такое продольная неравномерность высева и как она определяется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

«ИЗУЧЕНИЕ, АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАБОТЫ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВЫХ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ»

Цель работы.

1. Изучить устройство и принцип работы стенда для исследования работы режущих аппаратов.
2. По заданному варианту (см. таблицу 12.1) определить пробег ножа S и поступательную скорость агрегата V_e .
3. Получить экстремальным путем диаграмму движения характерных точек сегмента.
4. Рассчитать максимальную высоту среза стерин с учетом поперечного и продольного отгиба.
5. Определить площадь F , которой стебли срезаются за один ход ножа.

Общие сведения.

Рассмотрим диаграмму движения характерных точек сегмента и среза стеблей (рисунок 12.1). Сегмент при движении слева направо срежет на первом пальце все стебли, расположенные ниже линии 7-8-К-Е-15-14, а при движении справа налево стебли будут срезаны ниже линии 13-12-11-10.

При движении сегмента II справа налево он захватывает стебли, отогнутые пальцем с участка 12-13-14-15-12, и отгибает их вместе со стеблями с участка 3-К-Е-15-11-3 к линии перерезания 3-11. На этой же линии будут перерезаны

Площадь подачи – площадь поля, на которой происходит срез стеблей одним ножевым сегментом за один ход ножа.

По площади К-Д-Е сегмент проходит дважды. Направление отгиба стеблей на участке 10-11 зависит от угла α_1 между касательной к траектории точки В (или А) и направлением движения ножа и угла трения φ_1 стеблей о кромку противорежущей пластины, а на участке 15-16 от угла α и угла трения φ стеблей о лезвие сегмента за 1 ход ножа справа налево сегмент срезает стебли с площади

где F – общая площадь среза, m^2 ;
 F_1 – площадь с которой стебли отгибаются к линии 3-11 сегментом, m^2 ;
 F_2 – площадь, с которой стебли отгибаются к линии 3-11 пальцем, m^2 ;
 F_3 – площадь, с которой стебли срезаются пучком в точке 3, m^2 ;

Площадь подачи:

для режущего аппарата нормального и низкого резания

$$F=SL, \quad (12.2)$$

где F – площадь подачи, $см^2$;

S – ход ножа, см;

L – подача за один ход ножа, см.

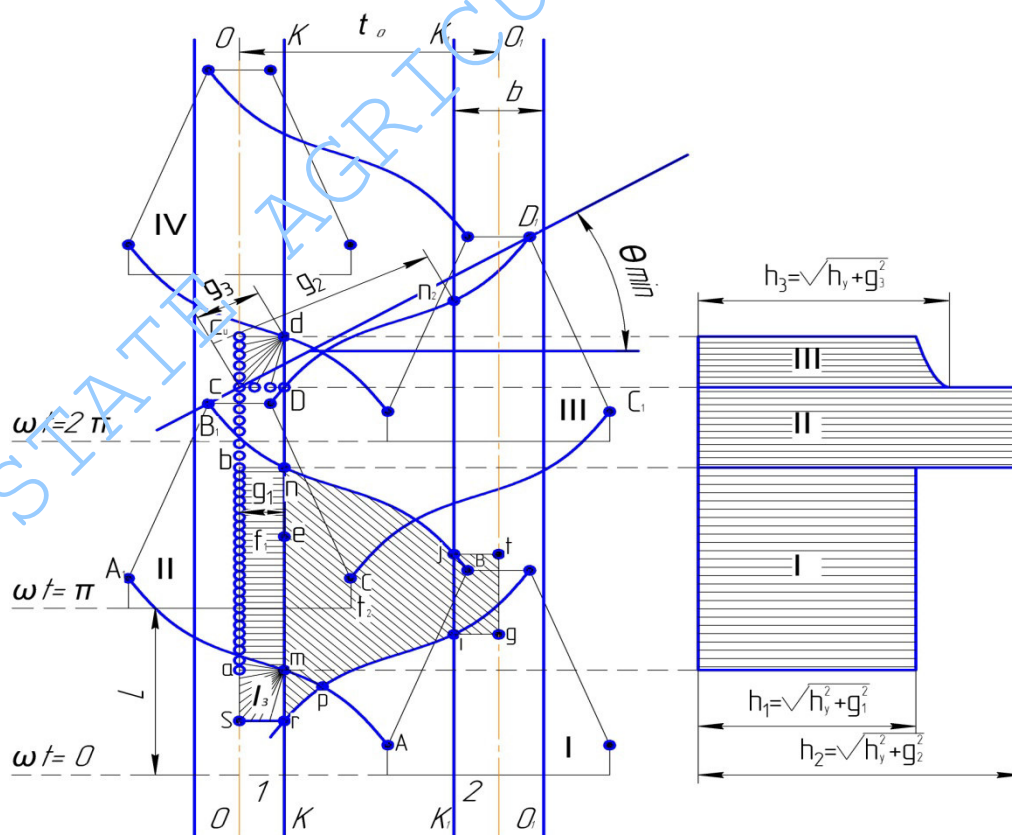


Рисунок 12.1 – Диаграмма отгиба стеблей и высоты стерни для сегментно-пальцевого аппарата

Подача определяется по зависимости

$$L = \frac{30V_e}{n}, \quad (12.3)$$

где L – подача за один ход ножа, см;

V_e – поступательная скорость агрегата, м/с;

n – частота вращения вала кривошипа за 1 мин.

Для режущего аппарата нормального резания с двойным пробегом ножа

$$F = 2L \cdot t, \quad (12.4)$$

где F – площадь подачи, см²;

L – подача за один ход ножа, см;

t – шаг пальцев, см.

Высота стерни H_1 , с учетом наибольшего поперечного отгиба стеблей пальцами q_1 , определяется из выражения (приближенно):

$$H_1 = \sqrt{H_0^2 + q_1^2}, \quad (12.5)$$

где H_1 – высота стерни, см;

H_0 – установленная высота среза, см;

q_1 – отгиб стебле первого рода, см;

Аналогичным образом находим максимальную высоту стерни, при наибольшем отгибе сегментом

$$L = \sqrt{H^2 + q^2}, \quad (12.6)$$

где H_2 – высота стерни, см;

q_2 – отгиб стеблей второго рода, см.

Высота стерни при продольном отгибе пальцевым брусом

$$H_3 = \sqrt{H_0^2 + q_3^2}, \quad (12.7)$$

где H_3 – высота стерни при продольном отгибе, см;

q_3 – отгиб стеблей третьего рода, см.

Таблица 12.1 – Варианты исходных данных

Параметры	Ход ножа S, м			Переносная скорость ножа V_e м/с
Варианты	0,0782	0,1016	0,1524	
	а	В	с	0,03
	а	В	с	0,04
	а	В	с	0,06

Порядок выполнения работы:

1. Измерить шаг сегмента $t_c = \text{мм}$.

2. Измерить шаг пальцев $t_n = \text{мм}$.

3. Измерить в средней части пальца ширину противорежущей пластины

$\beta = \text{мм}$.

4. Измерить в крайних положениях ножа смещения оси симметрии сегмента по отношению к противолежащему пальцу.
5. По заданному варианту установить ход ножа S и переносную скорость ножа.
6. Подготовить и установить бумажную ленту для записи траектории характерных точек сегмента.
7. Включить электродвигатель привода ножа. Отметить траекторию относительного движения ножа.
8. Включить электродвигатель переносного перемещения режущего аппарата.
9. Отметить траекторию переносного движения ножа.
10. Записать в бумажной ленте траектории абсолютного движения характерных точек сегмента.
11. Снять бумажную ленту с записями траектории абсолютного движения характерных точек сегмента.
12. В крайних левых и правых положениях траектории нарисовать контур сегмента ножа.
13. По отношению сегментов в крайних положениях нарисовать контур противорежущей пластины пальца с учетом их смещения согласно п.4.
14. Продолжить осевые линии противорежущих пальцев: левого и правого по ходу переносного движения (линии $O-O$ и O_3-O_1).
15. От осевой линии противорежущих пальцев отложить по обе стороны от нее размер, равный половине s ширины противорежущей пластины (линии $K-K$ и K_1 и K_1):
16. Отметить точки a, b, c, c_1 на осевой линии пальцев, стебли с которых отгибаются в характерные точки, соответственно к точкам m, n, d .
17. На линии среза K_1 и K_1 правого пальца отметить точку n_2 пересечения траектории верхней точки D лезвия сегмента
18. Определить и измерить:
 - отгиб первого рода q_1 стеблей пальцами;
 - отгиб второго рода q_2 сегментом;
 - отгиб третьего рода q_3 пальцевым брусом.
19. Определить площадь, с которой стебли срезаются за один ход.
20. Определить максимально возможный поперечный и продольный отгиб, и высоту стерни по формулам (12.5), (12.6) и (12.7).
21. Построить диаграмму высоты стерни.
22. Оформить отчет

Отчет должен содержать:

- а) Описание и схему лабораторной установки.
- б) Диаграмму движения характерных точек сегмента и высоты стерни.
- в) Заключительную таблицу с указанием типа режущего аппарата и параметров величины радиуса.

ПРИМЕЧАНИЕ: При изменении радиуса кривошипа вращать его только против часовой стрелки.

Вопросы для самостоятельного контроля:

1. Какие параметры определяют тип сегментно-пальцевого режущего аппарата?
2. Какая разница между аппаратами нормального резания и низкого резания?
3. В чем отличие между аппаратами двойного хода ножа и некротного хода ножа?
4. Как определяется подача на нож режущего аппарат?
5. Как определяется отгиб стеблей первого рода?
6. Как определяется отгиб стеблей второго рода?
7. Как определяется отгиб стеблей третьего рода?
8. Какая разница между отгибами стеблей первого, второго и третьего рода?
9. Как определяется подача на нож режущего аппарата?
10. Какая разница между отгибами стеблей первого, второго, и третьего рода?
11. Как определяется нагрузка на лезвие сегмента по площади или по числу срезанных стеблей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

«ИССЛЕДОВАНИЕ, АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОТОВИЛА УБОРОЧНЫХ МАШИН»

Цель работы.

Изучить взаимодействие планок мотвила с убираемой культурой. Построить траектории движения планки мотвила: переносного, относительного и абсолютного. Определить графоаналитическим методом основные параметры и пределы регулирования мотвила по высоте. Научиться решать задачи по определению численных значений векторов скорости при известном значении одного из векторов на базе записанных траекторий движения планки.

Общие сведения.

Мотовило предназначено для подвода стеблей к ножу, направления их после среза на транспортирующие устройства и освобождения режущего аппарата для приёма новых стеблей.

Планка мотвила (рисунок 13.1) совершает сложное движение: переносное вместе с машиной и относительное с угловой скоростью.

Уравнение движения планки мотвила:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= Vt + r \cdot \cos \omega \cdot t \\ y_i &= r \cdot \sin \omega \cdot t \end{aligned} \right\} , \quad (13.1)$$

где x, y – абсцисса и ордината точки A_i ;
 V – переносная скорость машины, $м/с$;
 t – время, $с$;
 r – радиус планки мотовила, $м$;
 ω – угловая скорость вала мотовила, $рад/с$.

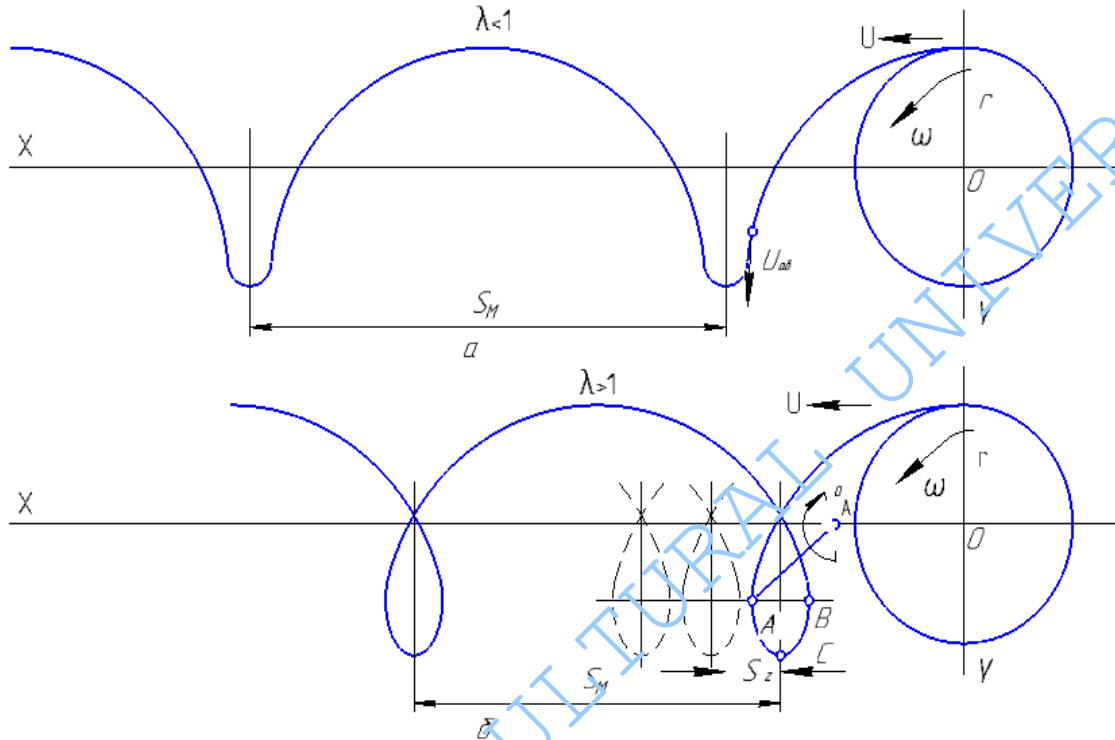


Рисунок 13.1– Построение траектории движения точки планки мотовила

Проекции скорости планки мотовила на оси X и Y:

$$\left. \begin{aligned} u_x &= V - u \sin \omega t \\ u_y &= u \cos \omega t \end{aligned} \right\}, \quad (13.2)$$

где u_x, u_y – проекции скорости планки на оси X и Y, $м/с$;

V – переносная скорость машины, $м/с$;

u – окружная скорость планки, $м/с$.

Скорость абсолютного движения планки мотовила:

$$U_{a\delta c} = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}, \quad (13.3)$$

где $U_{a\delta c}$ – скорость абсолютного движения планки, $м/с$;

U_x – проекция скорости планки на ось X, $м/с$;

U_y – проекция скорости планки на ось Y, $м/с$.

С другой стороны, скорость абсолютного движения планки мотовила в векторной форме

$$\bar{U}_{a\delta c} = \bar{V} + \bar{\omega}, \quad (13.4)$$

где $\bar{U}_{a\delta c}$ – вектор абсолютной скорости планки мотовила;
 \bar{v} – вектор переносной скорости планки мотовила;
 \bar{w} – вектор относительной скорости планки мотовила.

Следует помнить, что вектор скорости всегда направлен по касательной к своей траектории: \bar{w} – относительной скорости планки по касательной к окружности, \bar{v} – вектор переносной скорости планки по направлению переносного движения, $\bar{U}_{a\delta c}$ – вектор абсолютной скорости планки по касательной к траектории абсолютного движения в рассматриваемой точке.

Точка входа $A_{вх}$ планки мотовила в стеблестой должна удовлетворять условию:

Вектор $\bar{U}_{a\delta c}$ абсолютной скорости планки должен быть направлен по касательной к стеблям. Если хлебостой прямостоячий, то проекция вектора $\bar{U}_{a\delta c}$ на ось X должна равняться нулю. Касательная к петле трохоиды проходит через точку A_{ax} . Угол вхождения планки в хлебостой определяется по зависимости:

$$\varphi_A = \arcsin\left(\frac{1}{\lambda}\right), \quad (13.5)$$

где φ_A – угол вхождения планки, рад;

λ – показатель кинематического режима.

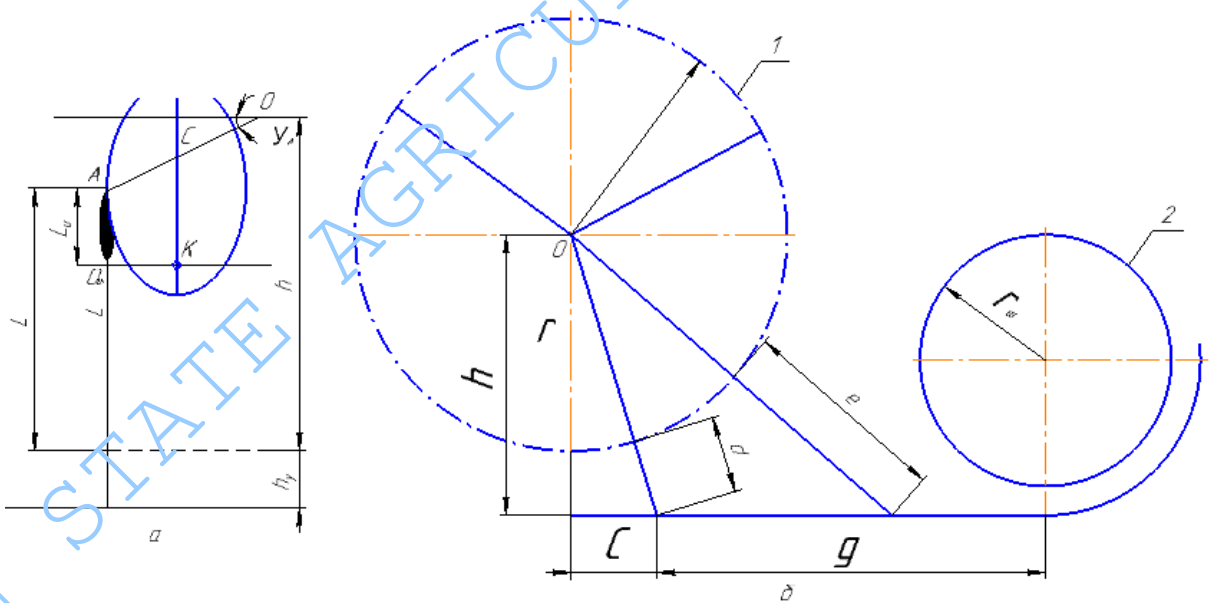


Рисунок 13.2 – Схема работы планки мотовила (а), и взаимного расположения шнека жатки и режущего аппарата (б)

Показатель кинематического режима работы мотовила находится как:

$$\lambda = \frac{U}{v} = \frac{2\pi r}{s_0}, \quad (13.6)$$

где λ – показатель кинематического режима;

U – относительная скорость планки, м/с;

V – переносная скорость машины; м/с;

π – 3,14;

r – радиус планки, м;

S_0 – подача; м.

Подача – это путь, проходимый машиной в переносном движении за время одного оборота мотовила, которая определяется по формуле:

$$S_0 = vt_0 = v \frac{2\pi}{\omega}, \quad (13.7)$$

где t_0 – время одного оборота, с.

Шаг мотовила находится из выражения:

$$S_\tau = \frac{S_0}{z} = \frac{2\pi r}{z\lambda}, \quad (13.8)$$

где S_τ – шаг мотовила, м;

S_0 – подача, м;

z – число планок, шт.

От значения шага мотовила зависит число ударов планкой по стеблям на 1 м пути движения машины. Число ударов планкой по стеблям на 1 м пути определяется как:

$$k = \frac{1}{s_\tau} = \frac{z\lambda}{2\pi r}, \quad (13.9)$$

где k – число ударов планкой по стеблям.

Под коэффициентом полезного действия к.п.д. взаимодействия мотовила с ножом понимается показатель, характеризующий отношение ширины петли к шагу мотовила и вычисляется из уравнения:

$$\eta = \frac{b}{s_\tau}, \quad (13.10)$$

где η – к. п. д. взаимодействия мотовила с ножом;

b – длина полосы стеблей (ширина петли циклоиды), с которого нож среза-ет при воздействии планки мотовила, м.

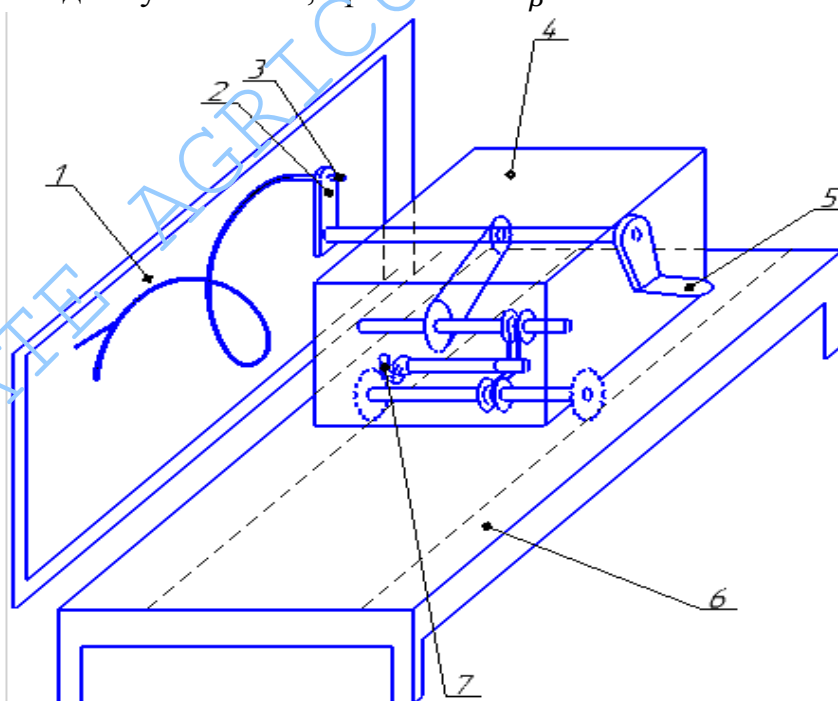
Высота установки вала мотовила определяется по формуле:

$$h = \frac{r}{\lambda} + I, \quad (13.11)$$

где h – высота установки вала мотовила;
 r – радиус мотовила, м;
 λ – показатель кинематического режима;
 l – длина срезанной части растения, м.

Порядок выполнения работы

1. Получить исходные данные: _____
 передача: _____
2. Установить луч мотовила в вертикальное положение
3. Рычаг 7 переключения передач установить в необходимое положение.
4. Определить путь S , проходимый тележкой за один полный оборот планки мотовила.
5. Вычислить радиус мотовила по формуле: $R = \frac{S_0 \lambda}{2\pi}$.
6. Отрегулировать радиус записывающего устройства $r_{3,4} = R$.
7. Закрепить кнопками лист бумаги на доске 1.
8. Установить в рабочее положение записывающее устройство и записывать траекторию планки.
9. На петле циклоиды найти точку A_1 входа в хлебную массу планки мотовила.
10. Определить угол φ_1 входа.
11. Определить величину h погружения планки в хлебную массу.
12. Вычислить длину стебля l , приняв $h = l_{\beta}$.



1 – доска; 2 – планка; 3 – записывающее устройство; 4 – тележка; 5 – рукоятка; 6 – стол;
 7 – рычаг переключения передач

Рисунок 13.3 – Схема лабораторной установки

13. На петле циклоиды НК обозначить точки 1, 2, 3, 4 и 5, а на траектории ножа АВ 1, 2, 3, 4 и 5.

14. Определить отрезки пути машины s_1, s_2 и s_3 .

15. Вычислить коэффициенты η_1, η_2, η_3 .

16. Подсчитать величину желательного радиуса R.

17. Определить Z число планок (графически).

Составить отчёт.

Отчёт должен содержать:

а) Описание и схему лабораторной установки

б) Диаграмму движения характерных точек сегмента и высоты стержни.

в) Заключительную таблицу с указанием типа режущего аппарата и параметров величины радиуса.

Таблица 13.1 – Результаты замеров и расчётов параметров

№ вар	Радиус мотовила	Число планок	Подача	Шаг подачи	Длина стебля	Кинематический режим работы	Угол входа планки в стебелестой	Ширина на петли	К.п.д мотовила

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое циклоида?
2. Что такое кинематический режим работы?
3. Что такое шаг мотовила?
4. Что такое КПД мотовила?
5. Как определить оптимальную точку входа планки мотовила в стебелестой?
6. Как определить необходимое число планок мотовила?
7. Как определить две неизвестные скорости при известных траекториях относительного и абсолютного движения планки точки планки мотовила и скорости переносного движения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

«ИЗУЧЕНИЕ, АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОЛОТИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СВЯЗЕЙ ЗЕРНА С КОЛОСОМ»

Цель работы.

Изучить четыре метода определения прочности связей зерна с колосом. Получить опытные данные прочности связей для некоторых культур.

Общие сведения

Молотильные устройства предназначены для выделения зерна путем разрушения связей удерживающих его в колосе, метелках, бобах.

Такой процесс возможен за счет удара или другого силового воздействия. Прочность связей между зерном и колосом зависит от вида и сорта культуры, ее спелости и влажности.

Для сравнительной оценки прочности связей зерна с колосом применяются след. методы:

А. Статический метод. Метод основан на использовании принципа центрифуги. Определяют силу, разрушающие силы. Для зерна пшеницы силы разрушения находятся в пределах 1...2Н.

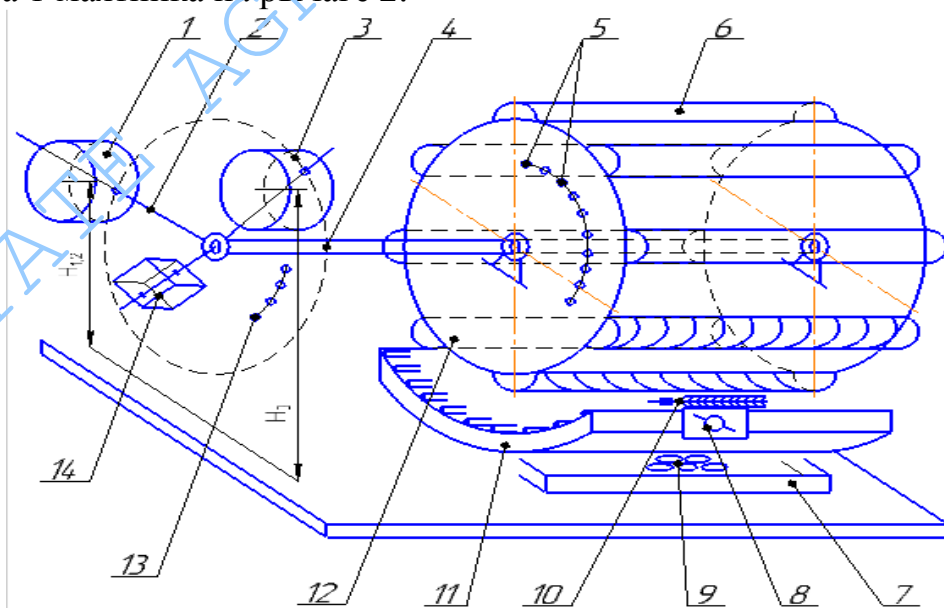
Б. Динамический метод. Выделение зерна происходит за счет удара при падении стаканчика, в котором закреплен колос. Определяется работа, необходимая для разрушения связей. Для зерен пшеницы и ржи она равна 0,6...3,0 Дж, для ячменя 1,2...9,6 Дж.

В. Метод маятникового копра. Колос протаскивания с ударом через щель маятникового копра. Сопротивление обмолоту определяется по количеству энергии движения маятника, потерянного на этот процесс. Для вымолота пшеницы (одного зерна) требуется 21...34 мДж, для ржи 16...20 мДж.

Г. Метод тензометрирования. Силу потребную для выделения зерна из колоса определяют при помощи тензометрической аппаратуры.

Описание лабораторной установки (метод маятникового копра).

Установка (рисунок 14.1) для определения прочности связи зерна с колосом методом маятникового копра состоит из молотильного барабана 12 с бичами 6 деки 11, маятника 1 сборника зерен 7 со скатной доской, регулировочных болтов, рамы. Груз маятника 1 закреплен на рычаге 2 с противовесом 14 регулировочным винтом. Линейка служит для замера высоты маятника. Заслонка отделяет зону подбарабана от сборника. При помощи винта регулируется положение груза 1 маятника на рычаге 2.



1 – груз, 2 – рычаг, 3 – маятник, 4 – вал барабана, 5 – отверстие фиксатора, 6 – бич, 7 – поддон, 8 – зажим, 9 – продукты обмолота, 10 – колос, 11 – дека, 12 – дно барабана, 13 – отверстие фиксатора, 14 – противовес

Рисунок 14.1 – Схема установки для определения параметров обмолота

Положение подбарабання 11 регулируется болтами, а именно: зазоры на входе и выходе из молотильного аппарата. Груз 1 имеет массу 1 кг.

Порядок выполнения работы

1. Фиксатором 13 установить рычаг 2 в исходное (верхнее) положение.
2. Линейкой измерить высоту H_0 центра маятника 1 над уровнем пола.
3. Установить испытуемый колос 10 в зажиме 8 деки 11.
4. Оттянув фиксатор 13 освободить рычаг 2 (при падении маятника потенциальная энергия превращается в кинетическую часть энергии затрачивается на процесс обмолота, часть на преодоление сил трения и часть подъема маятника на высоту H_2 . Без воздействия на колос маятника поднимается на высоту H_1).
5. Изменить высоту $H_{1,2}$ подъема маятника 11 над уровнем пола, соответственно без колоса и с колосом.
6. Вычислить работу, затраченную на обмолот по формуле:

$$A = G(H_1 - H_2),$$

где A – работа, Дж;

G – сила тяжести груза маятника H ;

$H_{1,2}$ – высота маятника над уровнем пола после падения, соответственно без колоса и с колосом, м.

7. Вынуть поддон 7 и сосчитать число зерен n_1 (оставшиеся в колоссе) и n_2 (вымолоченных). При необходимости можно снять деку. Взвесить колос и сосчитать общее число зерен n .

8. Вычислить работу затраченную на вымолот одного зерна.

$$A_1 = A/n,$$

где A_1 – работу затраченную на вымолот одного зерна, Дж;

n – число вымолоченных зерен, шт.

Процент вымолота зерна определяется по формуле:

$$ПВ = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \cdot 100\%,$$

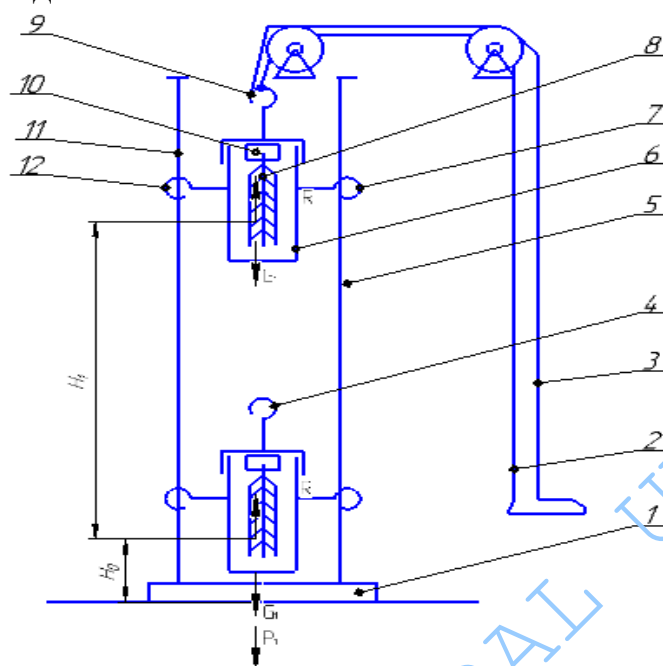
где ПВ – процент вымолота зерна %;

n_1 – число оставшихся зерен, шт;

n_2 – число вымолоченных зерен, шт.

9. Составить отчет содержащий схему лабораторной установки, данные замеров и вычислений, выводы по выполнению работе.

10 Определение работы необходимой для разрушения связи зерна с колосом динамическим методом.



1 – стол, 2 – шнур подъема стаканчика, 3 – шнур замка, 4 – крюк подъема стаканчика, 5, 11 – направляющие нити, 6 – стаканчик, 7, 12 – направляющее устройство, 8 – колос, 9 – замок подъемника, 10 – зажим колоса

Рисунок 14.2 – Схема лабораторной установки

Описание лабораторной установки (динамический метод).

Установка состоит из стола 1, прицепа 3, направляющей 5 ролика 6, стойки 10 зажима 7 колоса 8 стаканчика 9.

Порядок выполнения работы

1. Закрепить в стаканчике 6 колос 8 выбранной культуры при помощи зажима 10 и закрыть стакан крышкой.
2. Зацепить стаканчик 6 к нити 2 при помощи прицепа 4.
3. Нитью 2 поднять стаканчик 6 на высоту H_i , м.
4. Отцепить стаканчик 6 для этого оттянуть шнур 3.
5. После падения стаканчика сосчитать число вымолоченных зерен n_2 .
6. Определить на весах средний вес одного зерна q_1 .
7. Вычислить работу, затраченную на разрушение связей зерна с колосом:

$$A = mgH. \quad (14.12)$$

8. Сопоставить полученные значения затрат энергии на разрушение связей зерна с колосом, найденных различными методами. Считаем, что метод В наиболее точно отражает динамическую характеристику процесса, которая имеет вид:

$$k = A_{\text{пол}} / A_{\text{затр}}. \quad (14.13)$$

Примечания: Высоту H , подъема стаканчика производить с интервалом 1 м. начиная с 3-х метров до полного выделения зерен.

Таблица 14.1 – Данные замеров и вычислений параметров обмолота методом маятникового копра

№№ опы-та	Масса груза $G, кг$	Высота подъема груза исходная $H, м$	Высота подъема груза без обмолота $H, м$	Высота подъема груза после обмолота $H, м$	Число вымолоченных зерен в колосе $n_2, шт.$	Число ставшихся зерен в колосе $n_1, шт.$	Удельная работа на разрушение сил связи зерна с колосом $A, Дж/$
1							
2							
3							
4							
5							

Таблица 14.2 – Данные замеров и вычислений параметров обмолота динамическим методом

№№ опы-та	Высота подъема стаканчика $H, м$	Масса стаканчика $G, кг$	Масса колоса $G, кг$	Число зерен в колосе $Z, шт$	Число зерен в стаканчике после обмолота $Z, шт$	Число оставшихся зерен в колосе $Z, шт$	Удельная работа на разрушение сил связи зерна с колосом $A, Дж$
1							
2							
3							
4							
5							

8. Составить отчет со схемой лабораторной установки с данными опытов и вычислений. Сделать выводы по работе.

Вопросы для самоконтроля.

1. Какие методы существуют для определения сил (энергии) разрушения связей зерна с колосом?
2. Нарисовать схему сил, действующих на зерно в момент отрыва от колоса, при статическом методе их определения.
3. Нарисовать схему сил, действующих на зерно в момент отрыва от колоса, при динамическом методе их определения.
4. Нарисовать схему сил, действующих на зерно в момент отрыва от колоса, методом тензометрирования их определения.
5. Нарисовать схему сил, действующих на зерно в момент отрыва от колоса, методом падающего стаканчика.

6. Какие преимущества и недостатки из изученных методов вы обнаружили?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

«ИЗУЧЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СУШКИ»

Цель работы.

Изучение взаимодействия влажных материалов с агентом сушки.

Общие сведения.

Процесс сушки заключается в подводе тепла к высушиваемому материалу и испарения из него влаги в окружающую среду.

Процесс испарения влаги (десорбция) из материала может происходить в том случае, если парциальное давление водяного пара у поверхности материала больше, чем давление пара в окружающем агенте сушки. В противном случае произойдет поглощение водяных паров материалом из агента сушки (сорбция). Если давление паров воды у поверхности материала и в агенте сушки одинаково влагообмен между материалом и агентом сушки не происходит. Такое состояние называется равновесной влажностью материала.

Если относительная влажность агента сушки возрастает, возрастает и пропорциональное давление пара в агенте сушки, следовательно, равновесное состояние нарушится и влажность материала будет увеличиваться за счет сорбции влаги из агента сушки. Поглощение материалом влаги из агента сушки может происходить лишь до гигроскопической влажности, род которой понимается влажность материала при полном насыщении агента сушки влагой (когда относительная влажность воздуха равна 100%)

Равновесное состояние нарушается также при снижении влажности агента сушки.

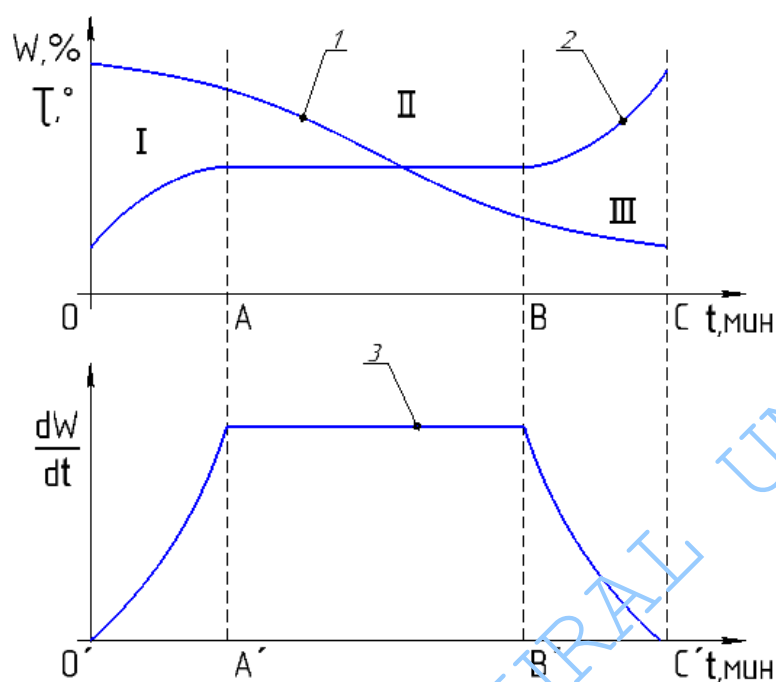
Снижение влажности материала может происходить лишь до тех пор, пока не удалится свободная (гигроскопическая) влага. Влага, физико-химический связанная с материалом, остается в нем.

Процессы влагообмена между материалом и агентом сушки протекают медленно.

Для ускорения процесса сушки необходимо увеличивать парциальное давление водяного пара у поверхности материала и уменьшать давление пара в окружающей среде. Достигается этот эффект нагревом материала и агента сушки.

На рисунке 15.1 показаны графики, характеризующие взаимодействия влажного материала и агента сушки с учетом времени сушки. Кривая 1 – изме-

нение влажности материала во времени; кривая 2 – изменение температуры материала во времени; кривая 3 – скорость сушки.



1 – кривая изменения влажности материала; 2 – кривая изменения температуры материала; 3 – график изменения скорости сушки от времени

Рисунок 15.1 – Кривые сушки

Процесс сушки можно разделить на три периода.

В первый период участка OA происходит прогрев материала, влажность его в этот период изменяется мало. Скорость сушки кривая 3 увеличивается от нуля до его максимального значения.

Во второй период участок АВ влага с поверхности материала испаряется аналогично испарению воды с открытой поверхности, т.е. все подводимое тепло расходуется на испарение влаги. Температура материала остается постоянной.

В третий период участок ВС влажность материала медленно снижается. По мере испарения влаги из внутренних слоев скорость сушки падает. Наступает несоответствие между количеством испаряющихся влаги с поверхности и поступающей из внутренних слоев материала. Уменьшение интенсивности.

Испарение влаги из поверхности вызывает повышение температуры материалов. В конце периода сушки наступает равновесная влажность материала, сушка прекращается, скорость сушки становится равной нулю.

За один пропуск через зерносушилку влажность зерна снижают на 6...8%.

При сушке семенного зерна, имеющего влажность до , допустимо температура теплоносителя 80 градусов, при влажности более 25%-70 градусов С. Максимально допустимая температура нагрева зерна зависит от вида культуры, ее

первоначальной влажности, типа сушилки и от назначения обрабатываемого материала. При выполнении задания максимально допустимую температуру нагрева в среднем можно принять:

- для семенного зерна 45°C .
- для продовольственного зерна 55°C .
- для семян трав 37°C .

При выборе режима сушки следует помнить, что снижение влажности семенного зерна за один проход не должно превышать 5%, для продовольственного зерна - 6%, а для семян трав - 4%. При повышенной влажности зерна, когда не может быть доведено до кондиционной влажности за один пропуск через сушилку, необходимо предусмотреть возможность двукратного или даже многократного пропуска зерна через сушилку.

Максимально допустимая температура нагрева зерна зависит от вида культуры, ее первоначальной влажности, типа сушилки и от назначения обрабатываемого материала. При выполнении задания максимально допустимую температуру нагрева в среднем можно принять:

- для семенного зерна 45°C .
- для продовольственного зерна 55°C .
- для семян трав 37°C .

Подача (массовый расход), влажного материала в сушильную камеру определяется по формуле:

$$G_1 = \frac{100q}{f_1}, \quad (15.1)$$

где G_1 – массовый расход влажного материала, кг/с;

q – производитель по зерну, кг/с;

f_1 – содержание основной культуры в смеси при поступлении в сушилку, %.

Массовый расход влаги, испарившийся в сушильной камере находится из выражения:

$$W_B = G_1 \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right), \quad (15.2)$$

где W_B – массовый расход влаги, кг/с;

W_1, W_2 – влажность зерновой смеси, соответственно, при входе в сушилку и при выходе из нее, %

Убыль массы зерна в процессе сушки определяется как:

$$D = \frac{W}{G_1} \cdot 100, \quad (15.3)$$

где D – убыль массы зерна в процессе сушки, %;

W – массовый расход влаги, $кг/с$;

Массовый расход агента сушки рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{1000W}{d_2 - d_1}, \quad (15.4)$$

где L – массовый расход агента сушки, $кг/с$;

W – массовый расход влаги, $кг/с$;

d_1 – влагосодержание газовой смеси, поступающей в сушилку, $г/кг$;

d_2 – влагосодержание агента сушки, вышедшей из сушильной камеры, $г/кг$;

Содержание влаги d_1 в газовой смеси зависит от температуры теплоносителя, химического состава, применяемого топлива и рассчитывается по сложному выражению. При относительной влажности газовой смеси 8...11% величине, находится в пределах 87...124 г/с сухого газа.

Относительная влажность отработавшей смеси для шахтных зерносушилок применяется 63...75, а для барабанных 40...50%.

Следовательно, величину влагосодержания сухого газа можно вычислить из выражения:

$$d_2 = \frac{1000W_{отн}}{1000 - W_{отн}}, \quad (15.5)$$

где d_2 – величина влагосодержания сухого газа, $г/с$;

$W_{отн}$ – относительная влажность отработавшей смеси, %

Удельный расход сухого агента сушки, отнесенной на 1 кг испаренной влаги равен:

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_1}, \quad (15.6)$$

где l – удельный расход сухого агента сушки, $кг/с$;

Расход тепла Q на сушку материала (без учета потерь в окружающую среду) можно определить по формуле:

$$Q = L(J_1 - J_0), \quad (15.7)$$

где Q – расход тепла, $кДж/с$;

L – массовый расход агента сушки, $кг/с$;

$J_1 J_0$ – теплосодержание (энергия) соответственно наружного воздуха и агента сушки при поступлении его в сушильную камеру, *Дж*.

Они определяются по справочникам и зависят, соответственно, от температуры окружающего воздуха и температуры агента сушки. Рекомендуется принимать температуры наружного воздуха: для лета $t^0=15^\circ\text{C}$; для зимы $t^0 = -15^\circ\text{C}$. Максимальная температура теплоносителя t^0 зависит от допустимой температуры нагрева зерна и типа сушилки.

При сушке семян трав, семенного и продовольственного зерна на барабанных, а также продовольственного зерна на шахтных зерносушилках $t^0=40\dots45^\circ\text{C}$. для нормальных условий сушки значение $(I_1 - I_0)$ можно принимать в пределах от 25...27 кДж/кг.

Удельный расход теплоты на 1 кг исправной влаги равен:

$$q = \frac{Q}{W}, \quad (15.8)$$

где q – удельный расход теплоты на 1 кг испаренной влаги, *кДж/кг*;

Q – расход тепла на нагревание агента сушки, *кДж/с*;

W – массовое испарение влаги, *кг/с*.

Выработка тепла при сгорании топлива определяется по формуле:

$$Q = m Q_T \cdot \eta, \quad (15.9)$$

где Q – выработка тепла, *кДж/с*;

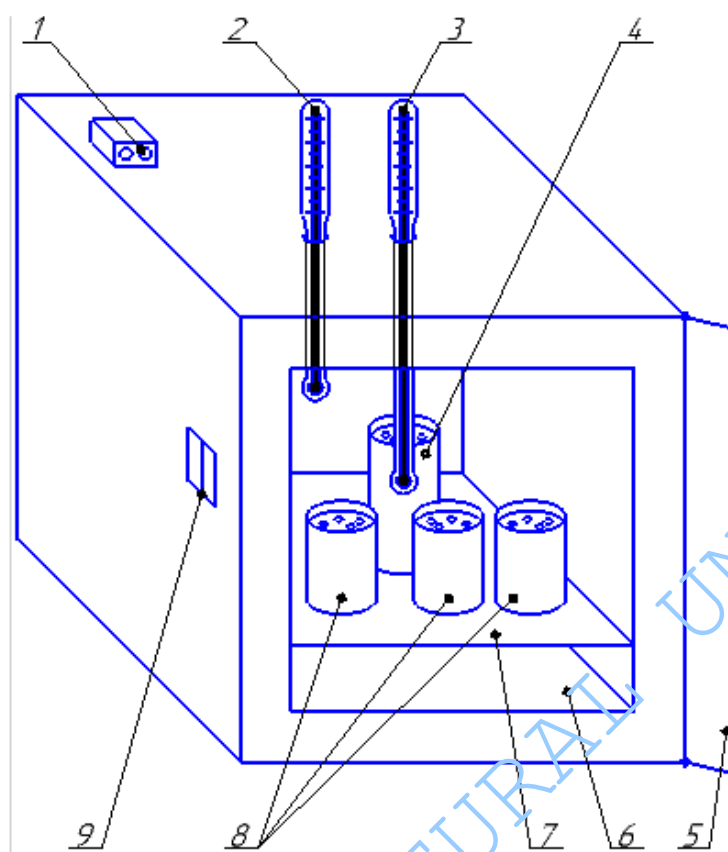
m – масса подаваемого топлива (низшая), *кДж/кг*;

Q_T – теплотворная способность топлива (низшая), *кДж/кг*;

η – к.п.д. топки, учитывающий потери тепла стенками и потери от неполноты сгорания топлива, можно принять $\eta=0,6$.

Лабораторная установка

Состоит из сушильного шкафа 6 (рисунок 15.2), весов, часов термометра для замера температуры материала 3, термометра для замера температуры агента сушки 2, комплекта бюксов 8, образцов влажного материала, семян, бюкса высокой 4, дверцов 5, сушильной камеры 6, полки 7, замка 9, пульта управления 1.



1 – пульт управления; 2 – термометр агента сушки; 3 – термометр для влажного материала; 4 – бьюкса высокая; 5 – дверка; 6 – камера сушильная; 7 – полка; 8 – комплект бьюксов; 9 – замок дверки

Рисунок 15.2 – Схема лабораторной установки

Порядок выполнения работы

1. Взять 10 бьюксов и определить их массы (тары) с точностью 0,01 г.
2. Насыпать в каждую бьюксу по 25 г влажного материала (семян).
3. Установить бьюксы с влажным материалом в сушильный шкаф в 3 ряда по 3 штуки вокруг высокой бьюксы.
4. Датчик термометра для замера температуры нагрева материала вставить в высокую бьюксу так, чтобы датчик был выше дна бьюксы на 10 мм.
5. Закрывать дверку сушильного шкафа и включить часы, записать показания термометров в таблицу наблюдений.
6. Через каждые 10 минут извлекать из сушильного шкафа по одной бьюксе: взвесить на всех и определить массу испаренной влаги; снять показания термометров и записать в таблицу наблюдений.

Таблица 15.1 – Данные замеров и показаний приборов

Параметры №№ бюксов	Влажность зерна,		Масса бюксов G_b , г	Масса навески G_n , г.	Время,	Убыль массы, D , г	Темпера- тура мате- риала T , градус Ц	Темпера- тура агента сушки T , градус Ц
	Абсолютная W_{ABS} , %	Относительная $W_{отн}$, %						
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

7. По данным опытов построить графики 1 и 2 изменения влажности материала во времени и изменения температуры материала от времени.

8. Методом графического дифференцирования функции зависимости влажности от времени построить график 3 зависимости скорости сушки от времени.

9. Определить границы первой, второй и третьей фазы процесса сушки.

Вопросы для самопроверки знаний

1. В чем суть технологического процесса сушки?
2. Какая разница между сорбцией и десорбцией?
3. Что такое равновесное состояние процесса сушки?
4. Из каких фаз состоит процесс сушки ?
5. Как строятся кривые сушки?
6. Какова предельная температура теплоносителя?
7. Какова предельная температура нагрева высушиваемого материала?
8. На сколько процентов можно снизить влажность семян за один пропуск в зерносушилку?

Список использованной литературы

1. Адиньяев М.Д. Сельскохозяйственные машины. Практикум / М.Д. Адиньяев, В.Е. Бердышев, И.В. Бумбар и др. – М.: Колос, 2000. – 240 с.
2. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527 с.
3. Клёнин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Клёнин, В.А. Саун. – М.: Колос, 1980. – 671 с.
4. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 С.
5. Любимов А.И. Практикум по сельскохозяйственным машинам / А.И. Любимов, З.И. Воцкий, В.В. Бледных, Р.С. Рахимов – М.: Колос, 1997. – 191 с.
6. Синеоков Г.Н. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
7. Скотников В.А. Практикум по сельскохозяйственным машинам / В.А. Скотников, В.Н. Кондратьев и др. – Мн.: Ураджай, 1984. – 375 с.
8. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачёв. – М.: Колос, 2003. – 624 с.

Для заметок

KAZAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY