

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.01 Оптимизация технологического процесса  
послеуборочной обработки зерна**

**Направление подготовки (специальность): 35.04.06 Агроинженерия**

**Профиль подготовки (специализация) «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Методические указания по проведению практических занятий .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Практическое занятие №1 Анализ линейных размеров семян.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2 Практическое занятие №2 Анализ линейных размеров семян.....</b>	<b>4</b>
<b>3.3 Практическое занятие №3 Анализ линейных размеров семян.....</b>	<b>6</b>
<b>3.4 Практическое занятие №4 Анализ линейных размеров семян.....</b>	<b>7</b>
<b>3.5 Практическое занятие №5,6 Анализ процесса работы грохота.....</b>	<b>16</b>
<b>3.6 Практическое занятие №7,8 Снятие характеристики и выбор вентилятора.....</b>	<b>19</b>
<b>4. Методические указания по проведению семинарских занятий.....</b>	<b>23</b>

## 1.Конспект лекций

Лекции не предусмотрены

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

По выполнению лабораторных занятий  
не предусмотрено

## 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### 3.1 Практическое занятие №1 ( 2 часа).

Тема: «Анализ линейных размеров семян»

##### 3.1.1 Задание для работы:

- 1.Подбор решета классификатора
2. Определение классового промежутка
- 3.Подготовка образцов семян

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Определение размеров семян производят на решетном классификаторе. После обработки образца подсчитывают количество зерен на каждом решете классификатора. Результаты подсчета заносят в таблицу 1

##### 1. Результаты эксперимента

Классы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Размеры отверстий решет, мм	$\ell_1$	$\ell_2$	$\ell_3$	$\ell_4$	$\ell_5$	$\ell_6$	$\ell_7$	$\ell_8$	$\ell_9$	$\ell_{10}$	$\ell_{11}$
1-я повторность											
2-я											
3-я											
Сумма											
Среднее											

#### *Обработка опытных данных*

1. Заполнить табл. 1, подсчитав среднее количество зерен в каждом классе по трем повторностям.
2. Подсчитать числовые значения величин, характеризующих распределение семян по ширине. Результаты подсчетов занести в табл. 2.

#### Указания к таблице 2

Строки 1, 2, 4 переносятся из табл.1

Строка 3:  $(\ell_{cp})_i = \frac{\ell_i + \ell_{i+1}}{2} =$

Строка 5:  $p_1 = \frac{n_1}{N} 100\% =$

N – общее количество зерен.

Строка 6:  $\lambda_i$  – классовый промежуток, определяется как разность между верхней и нижней границами классов:

$$\lambda_i = \ell_{i+1} - \ell_i =$$

Строки 9, 10, 11 заполняются после определения M (см. следующий пункт).

3. Среднее значение измеряемой величины (ширины зерен) :

$$M = \frac{\sum_1^m p_i(\ell_i)_{cp}}{\sum p_i} = \frac{\sum_1^m p_i(\ell_i)_{cp}}{100} =$$

Где m – количество классов.

4. Среднеквадратическое отклонение:  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^m p_i \cdot \alpha_i^2}{100}} =$

5. Коэффициент вариации:  $V = \frac{\sigma}{M} \cdot 100\% =$

Графическая часть(выполняется на листе бумаги формата А4)

Построить гистограмму распределения, экспериментальную и теоретическую вариационные кривые, интегральную кривую.

Для построения теоретической вариационной кривой определяются величины:

-минимальный и максимальный размеры:

$$\ell_{\min} = M - 3\sigma = \quad \ell_{\max} = M + 3\sigma =$$

-плотности распределения:  $\rho_{\max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}} =$  ;  $0.6\rho_{\max} =$  ;  $0.02\rho_{\max} =$

### 3.1.3 Результаты и выводы:

Записать размерные характеристики семян (средний размер, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации) для следующей работы

## 3.2 Практическое занятие №2 ( 2 часа).

Тема: «Анализ линейных размеров семян»

### 3.2.1 Задание для работы:

1 Построение вариационных кривых размеров семян и примесей

2. Расчёт величин для построения вариационных кривых

### 3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

#### 1. Построение вариационных кривых размеров семян и примесей

Размеры семян (толщина, ширина, длина) подчиняются закону нормального распределения. В задании указан состав зерновой смеси, а в приложении 2 предельные размеры семян культуры и сорняков. Это даёт возможность построить их вариационные кривые.

При выполнении работы можно воспользоваться упрощённым методом построения кривых. Для этого необходимо вычислить ряд величин. Расчеты свести в табл.2.

Плотность нормального распределения подчиняется уравнению:

$$p = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(l-M)^2}{2\sigma^2}} ; \quad (30)$$

где  $p$  – плотность распределения (относительная частота размера  $l$ , приходящаяся на 1мм);

$l$  – переменная величина (размер семян), мм;

$M$  – среднее значение, мм;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение, мм;

$e$  – основание натуральных логарифмов ( $e = 2,72$ ).

Формулы для расчёта таблицы:

$$M = \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2}; \quad \sigma = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{6}; \quad p_{\max} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}}. \quad (31)$$

Где  $l_{\max}$  и  $l_{\min}$  предельные размеры семян, указанные в приложении 2. В действительности за пределом этих значений может оказаться ещё 0,13% семян, которыми пренебрегаем при нахождении  $M$  и  $\sigma$ . Но эти семена будут учтены при построении вариационных кривых и при расчёте результатов работы решёт.

В качестве примера в таблице 2 приведён расчет ширины семян риса и его засорителей – вязеля пёстрого и эспарцета.

## 2. Расчёт величин для построения вариационных кривых

Наименование размера	Наименование компонента зерновой смеси	Величина размера, мм			Ср. квадр. отклон., мм	Плотность распределения, %	
		$l_{\min}$	$l_{\max}$	$M$	$\sigma$	$p_{\max}$	$0.6p_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Толщина	А. Культура						
	В. 1-й сорняк						
	С. 2-й сорняк						
	Д. 3-й сорняк						
	.....						
	.....						
Ширина	А. Рис	2,7	4,5	3,60	0,30	1,33	0,80
	В. Вязель	1,6	3,5	2,55	0,31	1,29	0,77
	С. Эспарцет	3,0	6,0	4,50	0,50	0,80	0,48

### 3.2.3 Результаты и выводы:

Записать размеры величин  $l_{\min}$ ,  $l_{\max}$ ,  $M$ ,  $\sigma$ , мм для последующей работы



прямоугольник с верхним основанием В-В. Провести вертикаль М, отметить на ней С и А. В точку С провести диагонали; через точки В провести прямые параллельные диагоналям С, до их пересечения в точке D. Ориентируясь на прямые BD, начертить ветви АВЕ кривой нормального распределения. Кривая пересекает ось абсцисс в точках  $\pm 3,9\sigma$ .

На правой стороне первого листа (см. приложение 3) построить вариационные кривые семян культуры и всех сорняков по толщине и ширине.

Вспомогательные линии и точки показать при построении какой-либо одной кривой (см. рис.3) в остальных случаях можно ограничиться только изображением самих вариационных кривых, тщательно фиксируя их крайние точки, слева и справа от среднего значения на расстоянии равном  $3,9\sigma$ .

На рис.4 показан пример построения вариационных кривых по ширине риса, вязаеля пёстрого и эспарцета (данные в табл.4).

### **3.3.3 Результаты и выводы:**

Построены вариационные кривые заданной культуры, которые позволят определять параметры решетного стана

### **3.3 Практическое занятие №4( 2 часа).**

**Тема: «Анализ линейных размеров семян»**

#### **3.4.1 Задание для работы:**

- 1.Графические характеристики распределения толщины семян
- 2.Построение гистограммы , вариационной кривой
- 3.Построение интегральной кривой
4. Использование вариационных кривых распределения частиц при решении задач оптимизации
5. Решение задач подбора решет

#### **3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Выбор типа решёт (формы отверстий) начинают с анализа вариационных кривых.

Вначале оценивается возможность отделения примесей по толщине решётами с продолговатыми отверстиями. Эти решёта более производительны, чем с круглыми, они лучше отделяют крупные примеси, обеспечивают стабильные результаты при изменении режима работы грохота.

Однако, если вариационные кривые по ширине семян культуры и примесей перекрываются в меньшей степени или вообще не пересекаются, следует взять решёта с круглыми отверстиями.

Как правило, в решётный стан устанавливаются решёта с отверстиями одной формы.

Выбрав тип (форму отверстий) решёт, определяем размер отверстий.

Решето  $B_1$  должно разделить материал пополам, его размер берётся примерно равным среднему размеру семян культуры:  $l_{B1} = M_A$ .  
(33)

В нашем примере для риса  $M_A = 3,6$  мм, ближайшие стандартные размеры решёт с круглыми отверстиями (так как в примере предполагается разделение по

ширине) 3,5 и 3,75мм. Лучше взять меньший размер, чтобы разгрузить решето В. Таким образом, выбираем  $l_{Б1} = 3,5$  мм.

$$\text{Решето } Б_2: l_{Б2} = M_A + 3\sigma = 3,6 + 3 \cdot 0,3 = 4,5 \text{ мм}, \quad (34)$$

такой размер стандартом предусмотрен (см. раздел 3.1)

Для решёт В, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> рекомендуются рабочие размеры:

$$l_B \approx M_A - (1,5 \dots 2,0)\sigma. \quad (35)$$

Берём  $l_B \approx M_A - 2\sigma = 3,6 - 2 \cdot 0,3 = 3$  мм, что соответствует стандартному размеру.

$$\text{Размер решета } \Gamma \text{ берётся из соотношения: } l_\Gamma \approx M_A - \sigma \quad (36)$$

В нашем случае:  $l_\Gamma \approx 3,6 - 0,3 = 3,3$  мм, берём ближайшее стандартное  $l_\Gamma = 3,25$  мм.

Выбранные размеры решёт:

$$l_{Б1} = 3,5 \text{ мм}, \quad l_{Б2} = 4,5 \text{ мм}, \quad l_B = 3 \text{ мм}, \quad l_\Gamma = 3,25 \text{ мм}.$$

Нанесём размеры на рисунок с вариационными кривыми в виде вертикальных разделительных линий В, Г, Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, и обозначим все компоненты выходов и отходов (рис.4). Обозначения компонентов должны быть такими же, как на схеме решётного стана (рис.2).





## Расчет результатов очистки (сортирования) семян

Теоретические результаты работы решётной очистки рассчитываются по формулам:

$$x = \frac{A \cdot a}{A \cdot a + B \cdot b + C \cdot c + \dots} \cdot 100\% \text{ - чистота очищенного материала;} \quad (37)$$

$$y = \frac{A \cdot a + B \cdot b + C \cdot c + \dots}{100} \% \text{ - выход продукта;} \quad (38)$$

$$x_1 = \frac{A \cdot a_1}{A \cdot a_1 + B \cdot b_1 + C \cdot c_1 + \dots} \cdot 100\% \text{ - содержание семян в отходах;} \quad (39)$$

$$y_1 = \frac{A \cdot a_1 + B \cdot b_1 + C \cdot c_1 + \dots}{100} \% \text{ - отход} \quad (40)$$

$a_1, \%$  – потери семян в отходы.

В формулах использованы обозначения, указанные в табл.3 (раздел 3.1)

**Применительно к рассматриваемому примеру** очистки риса от вязаля и эспарцета и сортированию его на два сорта формулы 37...40, с учётом обозначений на рис.4, приобретают вид:

чистота семян I сорта:  $x = \frac{A \cdot (a_{B2} + a_{Г})}{A \cdot (a_{B2} + a_{Г}) + B \cdot (b_{B2} + b_{Г}) + C \cdot (c_{B2} + c_{Г})} \cdot 100\%$   
41)

чистота II сорта:  $x_{II} = \frac{A \cdot a'_{Г}}{A \cdot a'_{Г} + B \cdot b'_{Г} + C \cdot c'_{Г}} \cdot 100\%$  (42)

выход I сорта:  $y = \frac{A \cdot (a_{B2} + a_{Г}) + B \cdot (b_{B2} + b_{Г}) + C \cdot (c_{B2} + c_{Г})}{100} \%$ ; (43)

выход II сорта:  $y_1 = \frac{A \cdot a'_{Г} + B \cdot b'_{Г} + C \cdot c'_{Г}}{100} \%$ ; (44)

содержание семян в крупных примесях:  $x_{1кр} = \frac{A \cdot a_{1B2}}{A \cdot a_{1B2} + B \cdot b_{1B2} + C \cdot c_{1B2}} \cdot 100\%$  (45)

содержание семян в мелких примесях:  $x_{1м} = \frac{A \cdot a_{1B}}{A \cdot a_{1B} + B \cdot b_{1B} + C \cdot c_{1B}} \cdot 100\%$  (46)

отход крупных примесей:  $y_{1кр} = \frac{A \cdot a_{1B2} + B \cdot b_{1B2} + C \cdot c_{1B2}}{100} \%$  (47)

отход мелких примесей:  $y_{1м} = \frac{A \cdot a_{1B} + B \cdot b_{1B} + C \cdot c_{1B}}{100} \%$  (48)

потери семян с крупными примесями  $a_{1кр} = a_{1B2}$

потери семян с мелкими примесями  $a_{1м} = a_{1B}$

Содержание компонентов в исходном варианте А, В, С, D... указано в задании.

Предположим, в рассматриваемом примере:

риса А = 92%, вязаля В = 5%, эспарцета С = 3%.

Остальные величины, входящие в формулы, рассчитываются по таблице нормального интеграла (см. журнал лабораторных работ).

Расчёты удобно оформить в виде таблицы 4.

### Анализ результатов работы решётного стана

Анализируя работу спроектированного решётного стана при первичной очистке, следует сопоставить чистоту полученного материала с требованиями к продовольственному зерну. Если базисные кондиции не достигнуты, указать возможные пути решения этой задачи.

При вторичной очистке и сортировании ставится задача получить семена I, II классов, при этом во II сорт и отходы может быть выделено до 25...30% мелких, щуплых, малопродуктивных и слабых, с биологической точки зрения, зёрен.

В рассматриваемом примере, при вторичной очистке и сортировании семян риса на решётах, достигнута чистота 98,12%, что соответствует требованиям II класса. Причём, во II сорт и отходы отошло всего 12,24% (9,84+0,13+2,27) зерна, следовательно, есть возможность повысить чистоту семян, увеличив рабочий размер решета Г и направив во II сорт порядка 20% зерна.

В сложных случаях можно предусмотреть дополнительную сортировку семян решётами с отверстиями другой формы, то -есть по другому размеру. Кроме того, вслед за решётной очисткой производится триерная обработка семян по длине, это тоже повышает их чистоту.

#### 3.3.3 Результаты и выводы:

Таким образом на заключительном этапе может быть проведена сортировка семян на пневматических сортировальных столах по плотности.

Очень эффективна окончательная обработка выровненного по размерам материала в воздушном потоке, в частности, на пневматических сепараторах семян конструкции Оренбургского аграрного университета.

ЗАКОН НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАНСА ФРИДРИХА ГАУССА (1822 г.), ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ РАСЧЕТАХ РЕЗУЛЬТАТОВ СОРТИРОВКИ И ОЧИСТКИ СЕМЯН (ТАБЛИЦА НОРМАЛЬНОГО ИНТЕГРАЛА)

Закон нормального распределения открыл Муавр (1733 г.).

Размеры семян величина случайная. Если взять горсть семян, то нельзя сказать точно какое значение имеет размер семян, но несмотря на это, размеры семян описываются законом нормального распределения. С 17 века многие ученые интересовались, но закон раскрыл (сформулировал) Гаусе. Вы его уже знаете. Но мы будем его трактовать для нашего предмета. Что это за закон? По этому закону плотность распределения равна:

$$f(\ell) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ell-M)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $f(\ell)$  – плотность нормального распределения;

$\sigma$  - среднее квадратичное отклонение для совокупности семян;

$\ell$  - размер семени (или решета);

$M$  – среднее значение размера для совокупности семян

$e$  – основание натурального логарифма.

Можно это выразить графически.

$$f(\ell)_{max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}, \text{ т.е. при } \ell = M$$

Все размеры укладываются.

$$\ell_{min} = M - 3\sigma$$

$$\ell_{max} = M + 3\sigma$$

$$\text{Можно показать } \alpha_n = \frac{\ell - M}{\pm \sigma}$$

#### О КРИВОЙ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Берем размерную ось, на ней откладываем  $M$ , наносим в произвольном масштабе верхнюю точку, делим отрезок на 4 и 6 частей. От  $M$  откладываем  $\sigma$  и проводим вертикальные линии, через точки проводим прямые параллельные  $\Delta$ .

Кривая обладает рядом полезных свойств. Если отклонится от  $M$  на  $\sigma$ , то от общей совокупности семян в этом интервале окажется -  $\sigma$  до  $M$ ,  $M + \sigma$  - 34, 13 × 2% семян.

От  $(M - \sigma)$  до  $(M + \sigma)$  - (68, 26 % семян)

$(M - 2\sigma)$  до  $(M + 2\sigma)$  - (47,73 × 2)

$(M - 3\sigma)$  до  $(M + 3\sigma)$  - (49,87 × 2)

Если проинтегрировать кривую, то получим площадь под этой кривой. Возьмем функцию:

$$f(\ell) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\alpha_n^2}{2}}$$

Введем обозначение:

$$\alpha_n = \frac{\ell - M}{\pm \sigma} \text{ - нормализованное (нормированное отклонение) в теории}$$

вероятности  $t$ .

Отклонение от среднего размера заданного размера, выраженного в долях  $\sigma$ :

$$\text{При } \ell = \ell_{min} \Rightarrow \alpha_n = -3; \ell - M = -3\sigma$$

$$\text{При } \ell = \ell_{max} \Rightarrow \alpha_n = +3; \ell - M = 3\sigma$$

Получим формулу Лапласа?

$$\Phi_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\alpha_n} e^{-\frac{\alpha_n^2}{2}} d\alpha_n$$

Он взял  $\sigma = 1$  и получил:

$$\Phi_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\alpha_n} e^{-\frac{\alpha_n^2}{2}} d\alpha_n$$

Получаем площадь между средним значением М и  $\alpha_n$ .

Возьмем интервал  $\alpha_n = \pm 4\sigma$  и по формуле Лапласа получаем значение нормального интеграла.

1. колонка  $\frac{\ell - M}{\sigma}$ , т.е.  $\alpha_n$ . Таблица рассчитана из условия, что взять 10000 шт. семян. Показывает отклонение размера от М в долях  $\sigma$ . Если площадь под кривой  $F=1$ , то при  $\alpha_n = 0,5$  - площадь = 0,1915. Для нашего случая 1000 семян.
2. Значение нормального интеграла. Какое количество семян из 10000 имеет размер в интервале от М до  $\ell$  мм.
3. колонка – дифференция, т.е. с учетом интервала  $-\frac{\ell - M}{\sigma}$ , поэтому если у нас получилось 0,32, а в таблице 0,3, то 0,02 нужно умножить на дифференсы.

#### РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ СОРТИРОВКИ ПО ТАБЛИЦЕ НОРМАЛЬНОГО ИНТЕГРАЛА Задача №1

Семена, имеющие  $M=3$  мм,  $\sigma = 0,25$  мм разделили на две фракции решето  $\ell_{\text{раб}} = 2,8$  мм.

Определить сход и проход а и  $a_1$ .

Взяли решето  $\ell_{\text{раб}} = 2,8$  мм и подали на него материал. Решето разделит на две части проход и сход.

1. Схема процесса.  
 $M=3$  мм,  $\sigma = 0,25$  мм.  
Полезная для нас фракция под выход. Здесь сход-выход а;  $a_1$  – это отход.
2. Можем изобразить кривую – берем  $M=3$ . От М берем  $3\sigma = 3 \cdot 0,25 = 0,75$ .  
Нужно определить сколько семян прошло – сколько сходом, если участвуют 10000 семян.  
Для того, чтобы воспользоваться таблицей определяем :

$$\alpha_n = \frac{\ell - M}{\pm \sigma} = \frac{2,8 - 3,0}{0,25} = 0,8$$

В таблице против 0,8 стоит 2881 – это нормальный интеграл.  $\Phi_{0,8}=2881$  – это показывает сколько находится в интервале от 3 до 2,8 – 2881 семян или 28,81 %.

Сколько семян в проходе от  $-3\sigma$  до 3 – это 50 % и от 2,8 до 3,0 28,81%.

$$\Phi_{\text{прох}} = 50 - 28,81 = 21,19\%;$$

$$\Phi_{\text{сход}} = 50 + 28,81 = 78,81\%.$$

#### Задача №2

Подобрать решето для отделения 30% мелких семян, если  $M=3$ ,  $\sigma = 0,25$ ,  $a_1 = 30$ ;  $a=70\%$ .  $\ell_p$  должно быть. Определяем сколько семян от М до  $\ell_{\text{раб}}$ .

$\Phi_0=50-30=20\%$ .  $\alpha_n$  для 20% - т.е. напротив 2000. Т.е. между 0,5-0,55 дифференция 35 семян на 0,01; тогда  $\alpha_n = 0,53$ , а  $\alpha_n = \frac{\ell - M}{\pm \sigma}$ :  $\ell_p = \pm \alpha_n + M$ : т.е.  $\ell_p = \pm 0,53 \cdot 0,25 + 3$ , то  $\ell_p = -0,12 + 3 = 2,88$  мм.

### Задача №3

Определить количество семян в интервале от  $\ell_{1p} = 2,4$  до  $\ell_{2p} = 2,6$  мм, если  $M=3$  мм,  $\sigma = 0,25$  мм.

$\ell_{pab1} = 2,4$  мм,  $\ell_{pab2} = 2,6$  мм.

Изобразим схему.

Нужно определить площадь под кривой. Определим площадь 1 и отнимем 2.

$$1. \quad \alpha_{n2,4} = \frac{2,4 - 3,0}{\pm 0,25} = 2,4$$

$$\alpha_{n2,6} = \frac{2,6 - 3,0}{\pm 0,25} = 1,6$$

$\Phi_{2,4}=49,17$  – от 3 до 2,4 из табл.

$\Phi_{1,6}=44,52$  – от 3 до 2,6

$\Phi_{2,4-1,6}=\Phi_{2,4}-\Phi_{1,6}=4,65\%$

### Задача №4

Подобрать решета для калибровки семян на фракции: крупная 40%, средняя 30%, мелкая 30%.

Если  $M=3,0$  мм,  $\sigma = 0,25$  мм.

Решить самостоятельно.

$\alpha_n$  - для 20% находим из таблицы  $\alpha_n$  и  $\ell_1$ .

10% - находим  $\alpha_n$  и  $\ell_2$ .

Это речь шла о сортировке семян.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЧИСТКИ (ОТ ЗАСОРИТЕЛЕЙ) С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦЫ НОРМАЛЬНЫХ ИНТЕГРАЛОВ

Изобразим вариационную кривую культуры и сорняки. Возможно III варианта.

1. Если такая картина, то возможно полное разделение сорняка, если взять  $\ell_p$  - решето.
2. Разделение сорняка по этому признаку не возможно, т.к. они закрыли друг друга, здесь нет отличия.
3. Здесь возможны варианты. Уйдет в от х, но чистое. Здесь будет выход больше, но и более засорен. Это задача экономическая. Т.е. можно получить семена II III класса, т.е. с наличием сорняка, чтобы не потерять культуру, но и чистоту семян соблюсти. Оформим таблицу.

Компоненты зерновой смеси	В исходном материале	В очищенном материале	В отходах	Примечание
1. Культура	А	а	а <sub>1</sub>	а+а <sub>1</sub> =100%

2. 1-й сорняк	B	b	b <sub>1</sub>	b+b <sub>1</sub> =100%
3. 2-й сорняк	C	c	c <sub>1</sub>	c+c <sub>1</sub> =100%
4. 3-й сорняк	D	d	d <sub>1</sub>	d+d <sub>1</sub> =100%

### Содержание в %

Все малые величины находятся по таблице нормальных интеграла, но нужно знать M и  $\sigma$  - из лабораторий хлебопредприятий.

Во первых, они определяют ABCD. Далее мы можем продумать заранее как провести очистку, рассчитать заранее по формулам:

- 1) Чистота материала:

$$x = \frac{A \cdot a}{A \cdot a + B \cdot b + C \cdot c + \dots} \cdot 100\%,$$

где a, b, c нужно получать по нормальному интегралу.

Если имеются вариационные кривые по какому либо размеру, то можно с помощью нормального интеграла рассчитать основные показатели результатов очистки.

	исходное	После очистки	Содержание всех фракций в отходах
Культура	A	a	a <sub>1</sub>
Сорняк	B	b	b <sub>1</sub>
	C	c	c <sub>1</sub>
	D		

D – данные  
лаборатории

;

a-представлена площадью от  $\ell_p$  до конца. Формулы, по которым ведется расчет.

Чистота материала:

$$x = \frac{A \cdot a}{A \cdot a + B \cdot b + C \cdot c + \dots} \cdot 100\%$$

$$y = \frac{A \cdot a + B \cdot b + C \cdot c + \dots}{100} \% \text{ - выход после решета}$$

Содержание семян культуры в отходах:

$$x_1 = \frac{A \cdot a_1}{A \cdot a_1 + B \cdot b_1 + C \cdot c_1 + \dots} \cdot 100\%$$

$$y_1 = \frac{A \cdot a_1 + B \cdot b_1 + C \cdot c_1 + \dots}{100} \% \text{ - отход}$$

Пример

В зависимости от того, что мы хотим выбираем решето при 100% семян, 1 кл, 2 кл. и т. д.

Как определить a, если известны M,  $\sigma$ ,  $\ell_p$ , то можно подсчитать  $\frac{\ell - M}{\sigma}$  и из таблицы

находим количество семян, которые находятся от M до  $\ell$ , например 28% и  $\pm 50\%$  от середины до конца, и находим a, рассчитав все величины подсчитаем x – чистоту материала.



### Задача

Культура имеет размеры:  $M=6$  мм,  $\sigma = 0,5$  мм, в исходном материале семена культуры 90% и  $A=90$ . Сорняк  $M=5$  мм,  $\sigma = 0,4$ ,  $B=10\%$ .

Определить выход, чистоту, потери семян в отходы при удалении 4/5 сорняка.

- 1) построим вибрационную кривую, знаем  $M$  и размер  $3\sigma$
- 2) нанести на схему  $\ell_p$

Нужно удалить 80%, т.е. провести примерно на  $1\sigma$ , т.к.  $1\sigma$  дает по таблице 34,1%. Решить самостоятельно.

### Вопросы для самопроверки:

1. Как подбираются решета классификатора, что такое классовый промежуток, как он выбирается?
2. Назовите числовые характеристики размеров семян.
3. Как рассчитывается средний размер семян, среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации.
4. С какой целью строятся геометрические характеристики размеров семян, какие задачи можно решить с помощью интегральной кривой?

Работу принял:

### 3.5 Практическое занятие №5,6( 4 часа).

Тема: «Анализ процесса работы грохота»

#### 3.5.1 Задание для работы:

1. Определить показатели, характеризующие относительное движение материала вниз
2. Определить показатели, характеризующие относительное движение материала вверх по решету
3. Определить показатели характеризующие отрыв материала
4. Определить характер относительного перемещения вороха
5. Построить графики скорости и ускорения рабочей поверхности
6. Определить относительную скорость смещения материала

#### 3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Цель работы: Освоить расчетно – графический метод определения рабочих параметров грохота, проверить пригодность заданного кинематического режима для скатной доски, подающей мелкий ворох на решетную очистку.

Заданные величины /см. приложение/

- $\alpha =$  град. – угол наклона грохота;  
 $f = \operatorname{tg} \varphi =$  - коэффициент трения вороха о сталь;  
 $\varepsilon_0 =$  град. – угол наклона линии качания;  
 $r =$  мм. – радиус кривошипа;

$n =$  мин<sup>-1</sup> – частота колебания грохота.

#### Порядок выполнения

1. Определить показатели, характеризующие относительное движение материала:

$$k_2 = \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varepsilon_0 + \alpha - \varphi)} =$$

где  $\varphi = \arctg f =$

$$k_1 = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\varepsilon_0 + \alpha + \varphi)} =$$

$$k_0 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\varepsilon_0 + \alpha)} =$$

2. Показатель кинематического режима механизма грохота:

$$k = \frac{\omega^2 r}{g} =$$

где  $\omega = \frac{\pi n}{30} =$

3. Определить характер относительного перемещения вороха: вверх, вниз, с отрывом, без отрыва (нужное подчеркнуть).

4. Определить коэффициенты:

$$\sigma = \frac{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}{\cos \varphi} =$$

$$; \delta = \frac{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}{\cos \varphi} =$$

5. Определить значения  $p$  и  $q$ :

$$p = g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\varepsilon + \alpha + \varphi)} =$$

$$; q = g \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varepsilon + \alpha - \varphi)} =$$

6. Определить масштаб времени:  $\lambda_t = \frac{2\pi}{\omega a} =$

где  $a = 160 \div 200 \text{ мм}$  – отрезок, выражающий собой период колебания.

7. Определить масштаб ускорений:  $\lambda_j = \frac{\omega^2 r}{c} =$

где  $c = 50 \div 60 \text{ мм}$  – отрезок, выражающий наибольшее значение ускорения грохота.

8. Определить масштаб скоростей:  $\lambda_v = \frac{\omega r}{b} =$

где  $b = 50 \div 60 \text{ мм}$  – отрезок, выражающий наибольшее значение скорости.

9. Построить, с учетом полученных масштабов, графики скорости и ускорения рабочей поверхности грохота (см. лекции).

10. На графике ускорений отложить в принятом масштабе величины  $p$  и  $q$

$$c_p = \frac{p}{\lambda_j} =$$

$$c_q = \frac{q}{\lambda_j} =$$

и отметить точки I,1 пересечения этих прямых с косинусоидой, обозначив их цифрами. Определить соответствующие им углы  $\Theta$  и  $\psi$ . Эти значения, как и все прочие результаты графических решений, записать в тетрадь.

$$\Theta_1 = \quad ; \psi_1 =$$

11. На графике скоростей через точку 1 провести прямую под углом  $\gamma$  к оси времени:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2\pi}{ka} \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)} = \quad \gamma_1 = 180^\circ - \gamma$$

12. Отметить точку 2 пересечения этой прямой с синусоидой и определить значение угла  $\Theta_2$ . Полученное значение записать в тетрадь:  $\Theta_2 =$

13. Оценить с помощью  $\Theta_2$  и  $\Theta_1$  какой случай движения имеет место:

14. Определить момент конца движения вверх, для чего провести через точку I прямую под углом  $\beta$  к оси времени:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2\pi b}{ka} \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)} =$$

15. Отметить точку II пересечения этой прямой с синусоидой и определить значение  $\psi_2$ :  $\psi_2 =$

16. Оценить с помощью  $\psi_2$ , какой случай движения имеет место:

17. Определить графическим построением значения предельных углов

$$\Theta_{2\text{пр}} = \psi_{1\text{пр}} = \quad \Psi_{2\text{пр}} = 2\pi + \Theta_{1\text{пр}} =$$

18. Определить по графику наибольшее значение относительной скорости при сдвигах вниз, для чего отрезок из графика умножить на масштаб  $\lambda_v$  и коэффициент  $\sigma$ :

$$\frac{d\xi_H}{dt_{\text{макс}}} = \ell_n \cdot \lambda_v \cdot \sigma$$

19. Определить наибольшее значение относительной скорости при сдвигах вверх, для чего отрезок из графика умножить на масштаб  $\lambda_v$  и коэффициент  $\delta$ :

$$\frac{d\xi_{\sigma}}{dt_{\text{макс}}} = \ell_{\sigma} \cdot \lambda_v \cdot \delta$$

20. Определить величину относительного смещения вниз, планиметрируя площадь на графике:  $\xi_H = F_H \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v \cdot \sigma =$

21. Определить величину относительного смещения вверх:

$$\xi_{\sigma} = F_{\sigma} \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v \cdot \delta =$$

22. Определить среднюю скорость смещения вороха за полный период колебаний:

$$V_{cp} = \frac{-\xi_H + \xi_B}{2\pi} \omega =$$

23. Определить коэффициент скольжения:

$$\eta = \frac{\xi_H + \xi_B}{\xi_H + \xi_B} =$$

При перемещении по поверхности желательно иметь величину коэффициента пути скольжения порядка:  $\eta = 1.3 \dots 2.5$

### 3.5.3 Результаты и выводы:

По коэффициенту скольжения оценить скатную доску, указать пути улучшения работы грохота

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Составить дифференциальное уравнение грохота для правых (левых) интервалов.
2. При каком условии обеспечивается перемещение материала вверх (вниз) по поверхности грохота?
3. Вывести условие отрыва материала от поверхности грохота.
4. Построить график типичных режимов работы грохота.
5. Вывести уравнение для определения скорости относительного перемещения материала.
6. Как определить момент, когда относительная скорость максимальна?
7. Как графически определить перемещение материала вверх и вниз?
8. Как определяются масштабы времени, скорости и ускорения?

### 3.6 Практическое занятие №7.8 ( 4 часа).

**Тема: «Снятие характеристики и выбор вентилятора»**

#### 3.6.1 Задание для работы:

1. На лабораторном вентиляторе получить данные для построения размерной характеристики вентилятора
2. На лабораторном вентиляторе получить данные для построения безразмерной характеристики вентилятора
3. Построить размерную и безразмерную характеристики вентилятора
4. Спроектировать вентилятор зерноочистительной машины

#### 3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

Цель работы. На лабораторном вентиляторе получить данные для построения размерной и безразмерной характеристик и построить их. Используя принцип геометрического подобия, спроектировать вентилятор зерноочистительной машины с вертикальным воздушным каналом для выделения легких сорняков и мякины из зерновых культур.

#### **Порядок выполнения**

Заданные параметры проектируемого ворохоочистителя(см.приложение)

$W =$        $m/c$  - производительность машины;  
 $C_p =$        $m/c$  - рабочая скорость воздушного потока;  
 $a =$       - коэффициент запаса;  $h_{ст х} =$       Па – потери напора в машине.

1. Замерить и подсчитать: диаметры колеса, вентилятора, м:  $D =$       ;  
 $d =$

ширину колеса вентилятора, м:  $b =$       ; сечение канала,  $m^2$ :  $F =$   
 частоту вращения колеса, мин.  $n =$

2. Замерить полное  $h$  и динамическое  $h_d$  давление при различном сопротивлении сети. Результаты размеров занести в табл. 1

1. Результаты измерений

Показатели	№ з а с л о н к и																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Показание микроано метра $l$ , мм	Д а в л е н и е																	
	$H$	$h$	$H$	$h$	$H$	$h$	$H$	$h$	$H$	$h_D$	$H$	$h$	$H$	$h$	$H$	$h$	$H$	$h$
1																		
2																		
3																		
Ср., мм																		
Ср. давление, Па																		

Среднее давление рассчитывается по формуле:  $H = 10kl$ , Па =

Где  $k$  – коэффициент отсчета микроанометра, указанный на дуге прибора,

$k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,6$ .

$l$  – показания микроанометра.

3. Занесите в табл. 2 средние значения  $H$  и  $H_d$ , взяв их из табл. 1. Остальные величины, введенные в таблицу. 2, определяются по формулам:

а) подача вентилятора:  $Q = cF$ ,  $m^3/c$ ;  $Q =$

где  $c = \sqrt{\frac{2h}{\gamma_s}} = 1,28 \sqrt{h_d} =$       м/с – скорость воздушного потока;

$F$  – площадь поперечного сечения канала,  $m^2$

б) коэффициент режима работы:  $k = \sqrt{\frac{h_d}{h}} =$

в) приведенная подача вентилятора:  $Q' = \frac{10^3}{n} Q$   $m^3/c =$

где  $Q$  – действительная подача вентилятора,  $m^3/c$

$n$  – действительная частота вращения колеса,  $мин^{-1}$

г) полное давление, приведенное к частоте  $1000$   $мин^{-1}$  колеса:

$h' = \frac{10^6}{n^2} h$ , Па;  $h' =$

## 2. Результаты расчетов

№ п/п	Показатели	Обозначение	№ з а с л о н к и								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Среднее полное давление, Па	$h$									
2	Ср. динамич. давление, Па	$h_d$									
3	Подача вентилятора, м <sup>3</sup> /с	$Q$									
4	Коэффициент режима работы	$k$									
5	Приведенная подача, м <sup>3</sup> /с	$Q'$									
6	Приведенное полное давление, Па	$h'$									

4. По данным табл. 2 построить размерную и безразмерную характеристики испытуемого вентилятора (см. лекции), формат А4

5. Определить площадь сечения воздушного канала проектируемой машины:

$$S = \frac{W}{q}, \text{ м}^2; S =$$

где  $W$  – заданная производительность машины, т/ч;

$q$  – удельная нагрузка на 1 м<sup>2</sup> канала;

для пшеницы и ржи  $q = 50 \frac{\text{т/ч}}{\text{м}^2}$ ; для овса и ячменя  $q = 40 \frac{\text{т/ч}}{\text{м}^2}$ ;

6. Определить требуемую подачу вентилятора:

$$Q_x = a c_p S =$$

где  $a$  – коэффициент запаса, учитывающий утечку воздуха через неплотности (задан по вариантам).

7. Вычислить динамическое и полное давление:

$$h_{ox} = \frac{\rho}{2} c_p^2 = \quad \text{где } \rho = 1.2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ – плотность воздуха}$$

$$h_x = h_{cm} + h_{ox}$$

8. Определить коэффициент режима работы проектируемого вентилятора:

$$k_x = \sqrt{\frac{h_{ox}}{h_x}} =$$

9. Используя безразмерную характеристику, найти подачу  $Q'$  и напор  $h'$ , которые может обеспечить вентилятор – модель при  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ , работая на режиме  $k_x$ :

$$Q' = \text{м}^3/\text{с}; \quad h' = \text{Па};$$

10. Определить параметры проектируемого вентилятора:

а) внешний диаметр крылача:

$$D_x = D^4 \sqrt{\frac{h'}{h_x} \left(\frac{Q_x}{Q'}\right)^2}, \text{ м} =$$

б) частоту вращения лопастного колеса,  $\text{мин}^{-1}$ :

$$n_x = n' \frac{Q_x}{Q'} \left(\frac{D'}{D_x}\right)^3 \text{ мин}^{-1}; \quad n_x =$$

$$n' = 10^3 \text{ мин}^{-1} - \text{приведенная частота.}$$

в) внутренний диаметр:

$$d_x = d \frac{D_x}{D}, \text{ м}; \quad d_x =$$

г) ширину вентилятора:

$$b_x = b \frac{D_x}{D}, \text{ м}; \quad b_x =$$

где  $b$  – ширина вентилятора модели, м.

У спроектированного вентилятора число лопаток, их форма и углы постановки такие же, как у вентилятора – модели.

### 3.6.3 Результаты и выводы:

Спроектировали вентилятор по подобию

## Приложение

Исходные данные по вариантам к работе : “Анализ процесса работы грохота”

№ пп.	Угол наклона к горизонту рабочей поверхности, $\alpha$	Коэффициента трения вороха о поверхность, $f = \text{tg} \varphi$	Угол наклона к горизонту линии качаний $\varepsilon_0$	Радиус кривошипа $r$ , мм	Частота вращения кривошипного вала $n$ , $\text{мин}^{-1}$
1	2	0,356	4	25	280
2	3	0,365	5	25	250
3	5	0,365	7	25	270
4	4	0,368	6	30	250

5	6	0,465	7	25	300
6	5	0,435	5	25	260
7	6	0,365	4	28	250
8	3	0,465	6	26	260
9	4	0,355	8	25	250
10	5	0,465	5	28	280
11	6	0,450	6	30	270
12	5	0,465	5	25	250
13	4	0,365	4	26	260
14	3	0,365	4	26	260
15	3	0,465	5	25	280
16	5	0,365	7	30	260
17	6	0,460	5	25	250
18	5	0,365	8	30	260

## Приложение

Исходные данные по вариантам к работе : “Снятие характеристики и выбор вентилятора”

Наименование величины	обозначение	№ варианта													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Очищаемая культура		пшеница	рожь	ячмень	овес	пшеница	рожь	ячмень	овес	пшеница	рожь	ячмень	овес	пшеница	рожь
Производительность машины, т/ч	W	18	16	15	12	16	14	12	10	15	13	10	8	12	10
Рабочая скорость воздушного потока, м/с	C <sub>ср</sub>	5,0	4,8	4,5	4,7	5,5	5,0	5,2	5,0	5,0	5,5	5,8	5,5	5,5	5,0
Коэффициент запаса	a	1,10	1,10	1,15	1,15	1,20	1,20	1,25	1,2	1,25	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Потери напора в машине, Па	$h_{стх}$	150	160	150	160	170	180	170	180	150	170	190	200	150	200

## 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Не предусмотрено