

СОДЕРЖАНИЕ

Работа 1. Определение физико-механических свойств зернового материала	3
Работа 2. Определение полноты разделения семян на решетках	9
Работа 3. Исследование влияния некоторых параметров триера на эффективность его работы	14
Работа 4. Определение аэродинамических свойств зерна	19
Работа 5. Оценка работы пневматического сортировального стола	23

Работа 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

Задание: 1. Провести анализ толщины семян заданной зерновой культуры и построить вариационную кривую распределения семян по толщине.

2. Определить коэффициенты внутреннего и внешнего (статического и динамического) трения зернового материала.

Общие сведения. Зерновой ворох, поступающий от зерноуборочных комбайнов, представляет собой смесь из семян основной культуры и примесей минерального и органического происхождения, которая требует дальнейшей очистки и сортирования. При очистке из зерна удаляют посторонние примеси, а при сортировании – разделяют по сортам на семенное, продовольственное, фуражное и техническое зерно. В большинстве случаев очистку и сортирование зерна производят одновременно.

При выборе устройств для очистки и сортирования используют различия физико-механических свойств семян культурных и сорных растений. К таким свойствам относятся аэродинамические свойства, размеры семян, свойства поверхности, плотность, форма и др. Физико-механические свойства зернового материала учитывают при проектировании и настройке уборочных, зерноочистительных и других сельскохозяйственных машин.

Наиболее распространенным способом очистки и сортирования является разделение зерновых смесей по размерам семян. Размеры семян большинства культур характеризуются длиной, шириной и толщиной, причем длиной считается наибольший, шириной – средний и толщиной – наименьший размер.

Для разделения семян по толщине используют решета с прямоугольными отверстиями, по ширине – решета с круглыми отверстиями, по длине – триеры.

При выборе параметров и режимов работы сельскохозяйственных машин необходимо учитывать фрикционные свойства материалов, которые характеризуют степень их взаимодействия и сопротивления движению при взаимном смещении (трение покоя) или перемещении (трение скольжения). Сила сопротивления движению (сила трения) зависит от материала и нормальной (перпендикулярной поверхности) силы противодействия (реакции) поверхности.

Оценивают фрикционные свойства коэффициентом и углом трения. Коэффициентом трения называют показатель (коэффициент) пропорциональности между силой трения и нормальной реакцией поверхности. Углом трения называют угол между нормальной реакцией поверхности и результирующей силой, равной векторной сумме силы трения и нормальной реакции. Коэффициент трения равен тангенсу угла трения.

Все числовые характеристики, описывающие свойства семян и примесей, – случайные величины, которые принимают в результате опыта одно из множества возможных значений, причём появление того или иного значения величины до ее измерения нельзя точно предсказать.

Для оценки случайных величин используют такие статистические характеристики, как среднее арифметическое значение случайной величины, представляющее собой сумму всех имеющихся значений, деленную на их количество, среднее квадратическое отклонение, характеризующее разброс значений случайной величины относительно ее среднего арифметического значения, и коэффициент вариации.

Более полную характеристику изменчивости случайной величины можно представить в виде вариационного ряда или вариационной кривой, которые составляются путем измерения достаточно большого количества (нескольких сотен или даже тысяч) значений случайной величины. При этом весь диапазон изменения случайной величины делят на одинаковые промежутки. Фракции материала (зерна), полученные в результате такого разделения всего материала называют классами.

Каждый класс характеризуется нижней l_{nj} и верхней l_{ej} границами, средним значением $l_j = (l_{ej} + l_{nj})/2$ и частотой n_j .

Частотой класса называют количество материала (зерна) в классе, которое может быть выражено в штуках, граммах или процентах.

Полную информацию о классах, сведенную в таблицу, называют вариационным рядом. Графическую зависимость частоты каждого класса от среднего значения в классе называют вариационной кривой.

Порядок выполнения работы. Анализ размеров семян (толщины) производят с помощью вибрационного решетного классификатора РКФ-1. Его можно использовать и для подбора решет к зерноочистительным машинам. Классификатор состоит (рис. 1) из электромагнита 7, трех спиральных пружин 1, набора лабораторных решет 3 с прямоугольными отверстиями, нижнего 6 и верхнего 4 дисков, рукоятки с эксцентриком 5. Нижняя часть прибора закрыта защитным кожухом. Якорь 2 электромагнита жестко прикреплен к нижнему диску. Электромагнитом и якорем решета приводятся в колебательное движение. Питание обмоток электромагнита осуществляется от сети через автотрансформатор, с помощью которого изменяют напряжение и, следова-

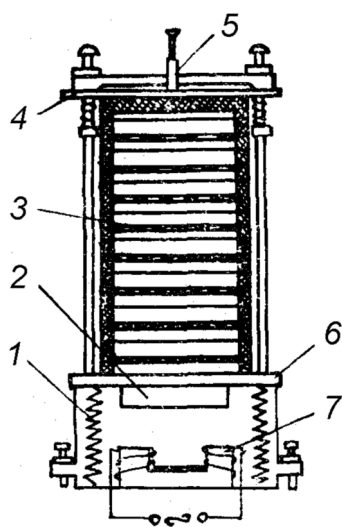


Рис. 1. Схема вибрационного решетного классификатора РКФ-1: 1 – пружина; 2 – якорь; 3 – решетка; 4 – верхний диск; 5 – эксцентрик; 6 – нижний диск; 7 – электромагнит

тельно, интенсивность (амплитуду) колебаний решет.

Для изучения распределения семян по толщине на нижний диск устанавливают восемь решет с прямоугольными отверстиями размером от 1,8 до 3,2 мм с интервалом 0,2 мм так, чтобы каждое вышерасположенное решето имело размеры отверстий большие на величину классового промежутка (0,2 мм). Затем на верхнее решето насыпают навеску семян массой 200...300 г, взятую методом средней пробы, ставят сверху крышку и зажимают решета между нижним и верхним дисками поворотом рукоятки с эксцентриком. Рукоятку автотрансформатора переводят в положение «0» и включают вилку в сеть. Выключатель на кожухе классификатора устанавливают в положение «Включено» и медленно повышают автотрансформатором напряжение до 80 В.

Через 5 минут классификатор выключают, вынимают решета и подсчитывают семена, находящиеся на каждом решете. При установке восьми решет навеска разделяется на девять фракций, из которых первая (нижняя) и последняя (верхняя) ограничены одним размером, что не позволяет рассчитать среднее значение размера этих фракций. Поэтому при обработке результатов опыта в расчет принимают только семь классов.

Количество семян на каждом решете представляет собой частоту в данном классе. Нижняя граница каждого последующего класса является верхней границей предыдущего.

Суммируя частоты всех семи классов, получают общее количество семян N . Количество семян каждого класса выражают в процентах от общего их числа во всех семи классах.

Среднее арифметическое значение M толщины зерен, среднее квадратическое отклонение σ и коэффициент вариации V рассчитывают по выражениям

$$M = \frac{\sum n_j l_j}{N}; \sigma = \sqrt{\frac{\sum n_j (M - l_j)^2}{N - 1}}; V = \frac{\sigma}{M} 100\%.$$

Данные опытов и результаты промежуточных расчетов заносят в таблицу 1. По данным таблицы строят вариационную кривую, откладывая по оси абсцисс средние значения классов, а по оси ординат – частоту P (%) семян в классах. На вариационной кривой показывают среднюю толщину M семян, а также ее наименьшее $M-3\sigma$ и наибольшее $M+3\sigma$ значения.

Коэффициент внутреннего трения f_0 и угол естественного откоса φ_0 (угол внутреннего трения) определяют с помощью прибора (рис. 2), включающего вертикальный цилиндр 1 и диск 3 с центральным стержнем 2. На стержне нанесена шкала с ценой деления 1 мм. Диск можно поднимать и опускать с помощью подъемного устройства.

Таблица 1 – Основные характеристики классов

Показатели	Номер класса						
	1	2	3	4	5	6	7
Границы класса							
Среднее значение класса l_j , мм							
Частота семян в классе n_j , шт. P_j , %							
Произведение $n_j l_j$							
Отклонение от средней толщины $(M - l_j)$, мм							
Квадрат отклонений $(M - l_j)^2$							
Произведение $n_j(M - l_j)^2$							

Определение коэффициента внутреннего трения семян основано на том, что любая частица, расположенная на поверхности насыпи, находится в равновесии, если $G \sin \alpha = F$ (см. рис. 2). Но $F = f_0 N = f_0 G \cos \alpha$. Тогда $G \sin \alpha = f_0 G \cos \alpha$, откуда $f_0 = \operatorname{tg} \alpha$. Угол естественного откоса находят по выражению $\varphi_0 = \operatorname{arctg} f_0$.

Для определения коэффициента внутреннего трения опускают диск на дно цилиндра и засыпают его зерном. После этого диск медленно поднимают по вертикали до выхода из цилиндра. Во время подъема диска часть зерна сыпается в цилиндр. Оставшееся на диске зерно принимает форму конуса. По шкале стержня определяют высоту конуса h и вычисляют значение коэффициента f_0 и угла φ_0 естественного откоса семян по выражениям

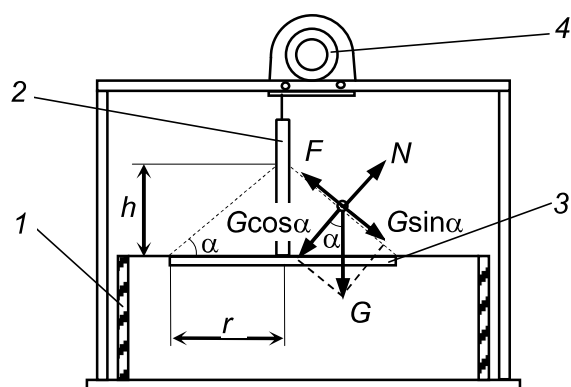


Рис. 2. Схема установки для определения параметров внутреннего трения:
1 – цилиндр; 2 – стержень; 3 – диск;
4 – подъемное устройство

Во время подъема диска часть зерна сыпается в цилиндр. Оставшееся на диске зерно принимает форму конуса. По шкале стержня определяют высоту конуса h и вычисляют значение коэффициента f_0 и угла φ_0 естественного откоса семян по выражениям

$$f_0 = \frac{h}{r}; \quad \varphi_0 = \operatorname{arctg} \frac{h}{r},$$

где r – радиус диска, мм;

h – высота конуса зерна на диске, мм.

Величина угла естественного откоса φ_0 зависит от культуры, сорта, влажности и засоренности зернового материала.

Определение коэффициента внутреннего трения и угла естественного откоса заданного зернового материала проводят в пятикратной повторности. Вычисляют среднее значение коэффициента f_0 , его среднее квадратическое отклонение σ_0 и коэффициент вариации V_0 , а также среднее значение угла φ_0 . Данные заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты определения коэффициента внутреннего трения

Культура	№ опыта	Коэффициент трения f_0	Среднее значение коэффициента f_0	Среднее квадратическое отклонение σ_0	Коэффициент вариации V_0	Среднее значение угла трения φ_0
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Статический коэффициент f_c внешнего трения (коэффициент трения покоя) определяют на лабораторной установке (рис. 3), состоящей из плиты 1, наклонной плоскости 3 и винта 2. На плоскости 3 может (струбцинами) укрепляться поверхность, по которой необходимо определить коэффициент трения семян или других материалов. С помощью винта 2 плоскость устанавливают в горизонтальное положение и помещают на нее исследуемый материал. Затем плавно изменяют угол β наклона плоскости к горизонту с помощью винта 2 до начала скольжения материала и замеряют его угломером 4.

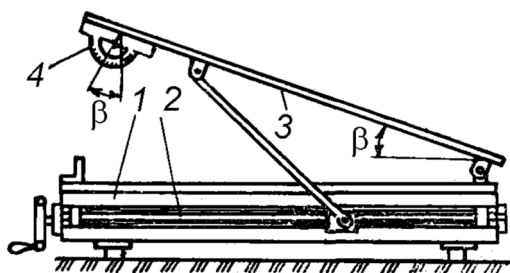


Рис. 3. Схема установки для определения параметров внешнего трения:
1 – плита; 2 – винт; 3 – плоскость

В момент начала скольжения (рис. 4) сила трения $F = G \sin \beta$, где G – сила тяжести. С другой стороны, сила трения $F = f_c N = f_c G \cos \beta$, где $f_c = \operatorname{tg} \varphi_c$ – статический коэффициент трения. Тогда $G \sin \beta = f_c G \cos \beta$ или $G \sin \beta = \operatorname{tg} \varphi_c G \cos \beta$. Отсюда $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \varphi_c$ или $\beta = \varphi_c$. Следовательно, угол β наклона плоскости в момент начала скольжения равен углу трения материала об ее поверхность. Коэффициент трения $f_c = \operatorname{tg} \varphi_c = \operatorname{tg} \beta$. Опыты по определению статического коэффициента f_c внешнего тре-

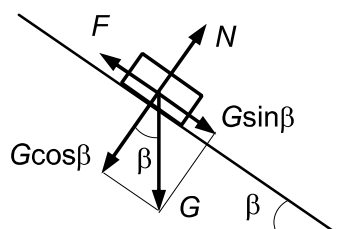


Рис. 4. Расчетная схема для определения параметров внешнего трения

ения $f_c = \operatorname{tg} \varphi_c = \operatorname{tg} \beta$.

Опыты по определению статического коэффициента f_c внешнего тре-

ния проводят в пятикратной повторности, подсчитывают среднее его значение, среднее квадратическое отклонение σ и коэффициент вариации V . Данные опытов заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты определения статического коэффициента внешнего трения

Культура	№ опыта	Угол трения φ_c	Коэффициент трения f_c	Среднее значение коэффициента f_c	Среднее квадратическое отклонение σ_c	Коэффициент вариации V_c
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Динамический коэффициент внешнего трения f_δ (коэффициент трения скольжения) может быть определен путем наблюдения за движением семян по наклонной плоскости (см. рис. 4).

Уравнение движения тела по наклонной плоскости имеет вид

$$ma = mg\sin\beta - f_\delta mg\cos\beta,$$

где m – масса движущегося тела, кг; a – ускорение движения тела, м/с²; g – ускорение свободного падения, м/с²; β – угол наклона плоскости к горизонту, град; f_δ – динамический коэффициент трения.

Из этого уравнения

$$f_\delta = \operatorname{tg}\beta - \frac{a}{g \cos\beta}.$$

Ускорение равноускоренного движения может быть определено по формуле

$$a = \frac{2S}{t^2},$$

где S – путь движения тела, м; t – время его движения на пути S , с.

Тогда динамический коэффициент трения может быть рассчитан по выражению

$$f_\delta = \operatorname{tg}\beta - \frac{2S}{gt^2 \cos\beta}.$$

Для его вычисления замеряют угол β наклона плоскости к горизонту, при котором происходит движение тела, путь S и время движения t . Угол β наклона плоскости замеряют угломером, путь S – линейкой, а время движения с помощью секундомера. Опыты по определению динамического коэффициента внешнего трения проводят в пятикратной повторности, подсчитывают его среднее значение, среднее

квадратическое отклонение σ_d и коэффициент вариации V_d . Результаты опытов заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты определения статического коэффициента внешнего трения

Культура	№ опыта	Путь S , м	Время t , с	Угол трения φ_c	Коэффициент трения f_c	Среднее значение коэффициента f_c	Средне-квадратическое отклонение σ_c	Коэффициент вариации V_c
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

Результаты расчетов, сведенные в табл. 1, 2, 3, 4, и вариационную кривую по данным табл. 1 представляют в виде отчета.

[Переход в начало методических указаний](#)

Работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОТЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕМЯН НА РЕШЕТАХ

Задание: 1. Для заданного зернового материала определить полноту разделения семян на сортировальном решете при различной удельной загрузке.

2. Построить график зависимости полноты разделения семян от удельной загрузки решета.

Общие сведения. Характер относительного движения материала по поверхности решета определяется соотношением фактического показателя кинематического режима k

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

и его граничных значений k_1 , k_2 и k_0 :

$$k_1 = \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\varphi + \alpha + \varepsilon)}, k_2 = \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varphi - \alpha - \varepsilon)}, k_0 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon)},$$

где ω и r – соответственно угловая скорость вращения и радиус кривошипа механизма привода решетного стана;

g – ускорение свободного падения;

k_1 – граничное значение показателя кинематического режима, при котором исключается перемещение материала вверх по поверхности решета;

k_2 – граничное значение показателя кинематического режима, при котором исключается перемещение материала вниз по поверхности

решета;

k_0 – граничное значение показателя кинематического режима, при котором исключается отрыв материала от поверхности решета;

α – угол наклона решета к горизонту;

ε – угол направленности колебаний, отсчитываемый от горизонта против часовой стрелки (угол наклона шатуна);

φ – угол трения зерна о материал решета.

При сортировании зерна на решете не все семена, имеющие размеры, меньшие рабочего размера отверстий решета проходят через него. Качество работы решет оценивают показателем полноты разделения.

Полнотой разделения семян называется отношение массы фактически прошедших через отверстия решета семян за некоторое время к массе поступивших на него за то же время и способных пройти через его отверстия. Наглядно разделение зерновой смеси можно представить в виде вариационной кривой L_1 для прошедших сквозь отверстия решета семян, наложенной на кривую L распределения семян, поступивших на решето (рис. 5).

В идеальном случае разделение семян должно произойти по линии l , соответствующей рабочему размеру отверстия решета. В действительности часть семян с размерами, меньшими l , не успевает пройти через отверстия решета и сходит с него. Количество семян S , способных пройти через отверстия решета, но не прошедших, равно площади между кривыми L и L_1 в пределах до линии l (заштриховано на рис. 5). Делящая линия l является предельной, до которой действительная делящая L_1 никогда не доходит и степень приближения ее к вертикали l может служить показателем полноты разделения.

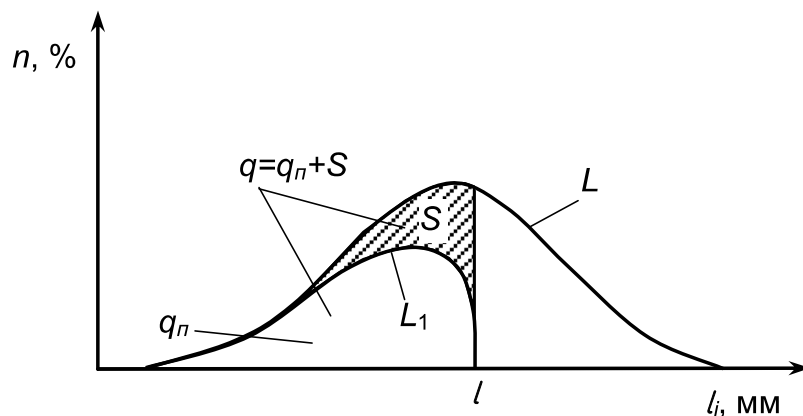


Рис. 5. Вариационные кривые распределения семян по разделяемому размеру l_i , поступивших на решето в исходной навеске L и прошедших через отверстие решета L_1

Если из общего количества семян q , способных пройти через отверстия решета, под решето выделилось q_n семян, то полнота разделения определится из отношения:

$$\xi = \frac{q_n}{q},$$

где q_n – масса семян, прошедших через отверстия решета;
 q – масса семян, способных пройти через отверстия решета.

Масса q_n определяется взвешиванием семян, прошедших через отверстия решета. Определить количество семян q , имеющих размеры меньше отверстия решета, можно по известному среднему арифметическому значению размера M семян и среднему квадратическому отклонению σ , пользуясь таблицей значений функции Лапласа (приложение 1). Для этого замеряют рабочий размер l отверстия решета и вычисляют уклонение его от среднего значения M

$$\frac{|M - l|}{\sigma}.$$

По уклонению из таблицы значений функции Лапласа находят процентное количество семян P_1 (%), имеющих размеры между значениями M и l . Тогда процентное количество семян, способных пройти через отверстия решета

$$P = 50 \pm P_1 (\%).$$

При $l > M$ к 50 % прибавляется P_1 (рис. 6 а), при $l < M$ – отнимается (рис. 6 б). При известной общей массе $Q = q_n + q_c$ прохода и схода зерна вычисляют массу семян, способных пройти через отверстия решета

$$q = \frac{QP}{100} \text{ (кг)}.$$

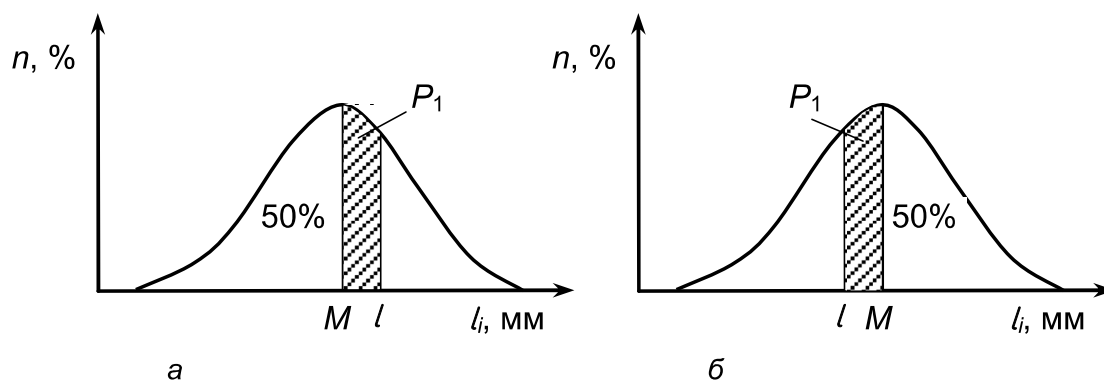


Рис. 6. Схема к определению количества семян q , способных пройти через отверстие решета l

Полнота разделения зависит от удельной загрузки решета, кинематического режима его работы, свойств материала и других факторов. В каждом конкретном случае существует оптимальный режим работы

решета, которому соответствуют определенная удельная загрузка решета, частота колебаний решетного стана и угол α его наклона.

При малой загрузке скорость перемещения зерна по решету возрастает. Это приводит к тому, что семена чаще не попадают в отверстия, перелетая через них, и не разделяются до конца. Увеличение загрузки снижает скорость перемещения зерна по решету. Но при большой загрузке решета семенам, способным выделиться, необходимо сначала пройти сквозь слой зерна к рабочей поверхности решета, а лишь затем, двигаясь по ней, они могут пройти через отверстия. Поэтому часть семян, имеющих размеры меньше рабочего отверстия решета, не успевает выделиться и идет с него сходом.

Порядок выполнения работы. Определение полноты разделения семян производят на лабораторной установке. Она состоит (рис. 7) из рамы 1, на которой с помощью пластин 2 установлено решето 3 со щетками 4 для его очистки и закреплен бункер 5 для семян. Решето приводится в колебательное движение от электродвигателя 6 через клиноременный вариатор 7 с помощью шатуна 8. Щетки перемещаются вдоль решета вручную с помощью рукоятки 9. На установке можно изменять угол α наклона решета регулятором 10 и загрузку решета с помощью регулятора 11 заслонки бункера.

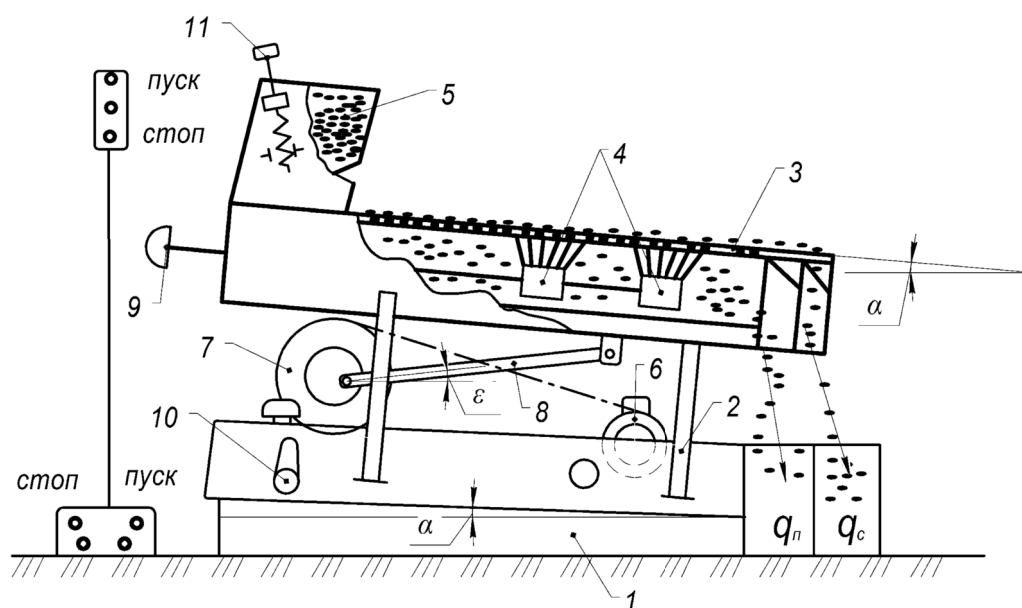


Рис. 7. Схема лабораторной установки для определения полноты разделения семян

1 – рама; 2 – пластина; 3 – решето; 4 – щетки; 5 – бункер; 6 – электродвигатель; 7 – клиноременный вариатор; 8 – шатун; 9 – рукоятка; 10 – регулятор; 11 – заслонка.

Радиус кривошипа механизма привода решетного стана определя-

ют следующим образом. К решетному стану прикладывают лист бумаги и подводят к нему карандаш, неподвижно прижимаемый к раме машины. Вручную проворачивают приводной механизм и получают на бумаге карандашный след, длина которого равна размаху колебаний. Радиус кривошипа равен половине размаха.

Частоту вращения n приводного вала измеряют тахометром и рассчитывают угловую скорость ω вращения кривошипа:

$$\omega = \frac{\pi n}{30},$$

а по ней определяют показатель кинематического режима работы k решетного стана.

Угломером измеряют угол α наклона решета к горизонту и угол ε направленности колебаний (наклона шатуна), который определяют при среднем положении шатуна, устанавливаемом проворачиванием вручную приводного механизма. По значению этих углов и углу трения φ (из результатов лабораторной работы №1) вычисляют граничные значения показателя кинематического режима.

Затем определяют характер движения семян по поверхности решета и при необходимости изменением регулируемых параметров устанавливают необходимый режим работы. Для решет требуется режим, при котором зерно движется вверх и вниз без отрыва от поверхности решета, но больше вниз, чем вверх, т. е. когда $k_0 > k > k_1 > k_2$.

Определив с помощью штангенциркуля рабочий размер l отверстия решета, по известным (из результатов лабораторной работы №1) среднему арифметическому значению M и среднему квадратическому отклонению σ для заданного зернового материала вычисляют уклонение.

Пользуясь таблицей значений функции Лапласа, рассчитывают процентное количество семян P (%), способных пройти через отверстия решета.

Установив необходимый режим работы, засыпают зерно в бункер решета, подставляют отдельные ящики под сход и проход, включают привод и открытием заслонки бункера производят загрузку решета зерном. Открытие заслонки должно быть таким, чтобы обеспечить четыре различных режима работы решета от явной его недогрузки до перегрузки. После достижения установленного режима работы, когда решето полностью покроеется слоем зерна, соответствующим установленной загрузке, привод выключают, освобождают ящики, тщательно перемешивают зерно в бункере и, включив установку, собирают в них зерно в течение t (30...60 с). При работе установки рукояткой ϑ непрерывно перемещают щетки вдоль решета для очистки его отверстий от застрявших зерен.

Взвешиванием на весах определяют массу q_n прошедших через отверстия решета и сошедших q_c с него семян.

По известной общей массе $Q = q_n + q_c$ (кг) зерна, времени t (с) сбора выходов вычисляют удельную загрузку решета

$$q_0 = \frac{Q}{Ft},$$

где F – площадь решета, m^2 .

По известному процентному количеству P семян, способных пройти через отверстия решета, и общей массе Q рассчитывают массу q семян, способных пройти через отверстия решета. Имея массу прошедших q_n и массу q способных пройти через отверстия решета семян, находят полноту разделения ξ .

Расчетные и опытные данные заносят в табл. 5. Полноту разделения ξ определяют при четырех значениях загрузки решета. По данным табл. 5 строят график, где по оси абсцисс откладывают удельную загрузку q_0 , а по оси ординат – полноту разделения ξ . Замеряемые и расчетные величины (см. табл. 5), а также график зависимости полноты разделения семян от режима работы решета представляют в виде отчета.

Таблица 5. Данные по определению полноты разделения семян на решете

№ опыта	α , град.	ε , град.	l , мм	F_2 , m^2	r , м	n , об/мин	t , с	q_n , кг	q_c , кг	Q , кг	q , кг	q_0 , kg/m^2c	ξ

[Переход в начало методических указаний](#)

Работа 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРИЕРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ

Задание: 1. Для заданной зерновой смеси (овса и пшеницы) определить полноту выделения короткой фракции (пшеницы) на триере при различной удельной загрузке.

2. Построить графики зависимости полноты выделения короткой фракции и удельной вычерпываемости от удельной загрузки триера.

Общие сведения. При вращении триера более короткие семена падают в ячейки цилиндра, поднимаются ими на большую высоту, определяемую углом α (рис. 8), и сбрасываются в желоб. Более длинные семена увлекаются ячейками на меньшую высоту, падают вниз и перемещаются вдоль цилиндра к выходу из него.

На частицу, находящуюся в ячейке вращающегося цилиндра, действуют: сила тяжести $G = mg$, направленная вертикально вниз; центро-

бежная сила $P = m\omega^2 r$ и сила трения F , направленные по оси X вдоль радиуса, проведенного к ячейке; сила нормальной реакции ячейки N , направленная по оси Y перпендикулярно радиусу. Направление последней обусловлено тем, что в современных триерах с полусферическими штампованными ячейками угол β между нормалью к поверхности края ячейки и радиусом цилиндра равен $\pi/2$.

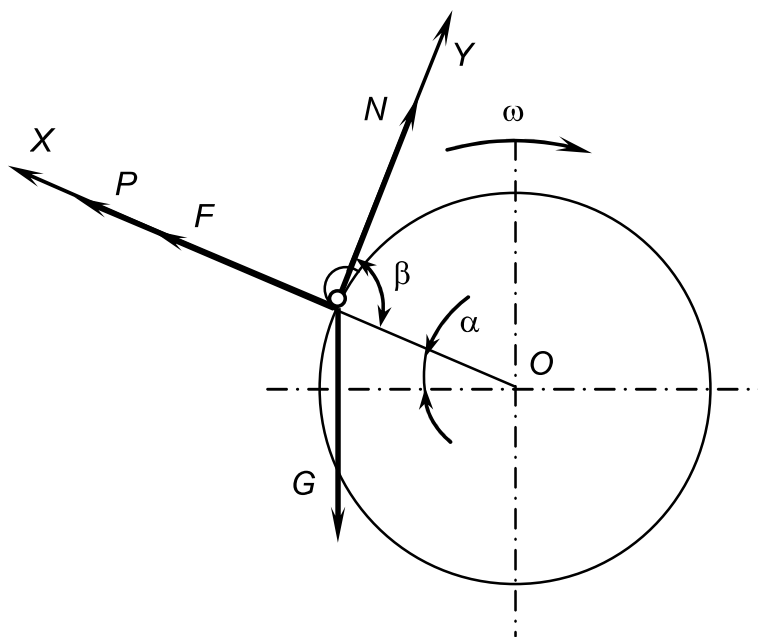


Рис. 8. Схема к анализу рабочего процесса триера

Выпадение частицы из ячейки триера возможно при условии, что способствующая выпадению проекция силы тяжести на направление радиуса $G \cos \alpha \sin \alpha$ будет больше суммы сил инерции и трения, препятствующих выпадению,

$$G \sin \alpha > F + P.$$

С учетом того, что $G = mg$; $F = N \operatorname{tg} \varphi$; $N = G \cos \alpha$; $P = m\omega^2 r$, имеем

$$mg \sin \alpha > mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi + m\omega^2 r.$$

После преобразований получим

$$\alpha > \varphi + \arcsin(k \cos \varphi).$$

Угол α подъема частицы ячейкой до начала выпадения (движения по поверхности ячейки) зависит от угла φ трения частицы о поверхность ячейки и от показателя кинематического режима работы триера k .

Показатель кинематического режима рассчитывают по формуле

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

где ω – угловая скорость вращения триерного цилиндра, рад/с;

r – радиус цилиндра, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Значения угла трения колеблются в широких пределах: для куколя (распространенного сорняка зерновых культур) $\varphi = 5...20^\circ$, для пшеницы $\varphi = 15...25^\circ$. Следовательно, частицы из ячеек будут выпадать в зоне, определяемой углами α_{\min} и α_{\max}

$$\alpha_{\min} > \varphi_{\min} + \arcsin(k \cos \varphi_{\min}),$$

$$\alpha_{\max} > \varphi_{\max} + \arcsin(k \cos \varphi_{\max}).$$

где φ_{\min} и φ_{\max} – минимальное и максимальное значение угла трения.

Оптимальное значение показателя кинематического режима k , обеспечивающее выпадение частиц при $\alpha = 30...45^\circ$, удобном для установки желоба, составляет 0,3...0,4.

Для определения положения желоба необходимо рассчитать углы, ограничивающие зону выпадения коротких частиц из ячеек α_{\min} и α_{\max} .

Эффективность работы триера зависит от правильности установки желоба, кинематического режима работы и удельной загрузки. Оценивают эффективность работы триера такими показателями, как полнота выделения короткой фракции, удельная вычерпываемость (количество материала, вычерпываемого в желоб одним квадратным метром рабочей поверхности триера, кг/м²) и чистота очищаемого материала.

Удельную вычерпываемость вычисляют по формуле:

$$J = \frac{P}{\omega r L},$$

где P – количество материала, вычерпываемого в желоб в единицу времени, кг/с;

L – длина рабочей поверхности цилиндра, м.

Отношение массы G_1 вычерпнутых в желоб семян короткой фракции за время опыта к массе всей короткой фракции, поступившей в цилиндр за то же время с исходным материалом (способной быть вы-

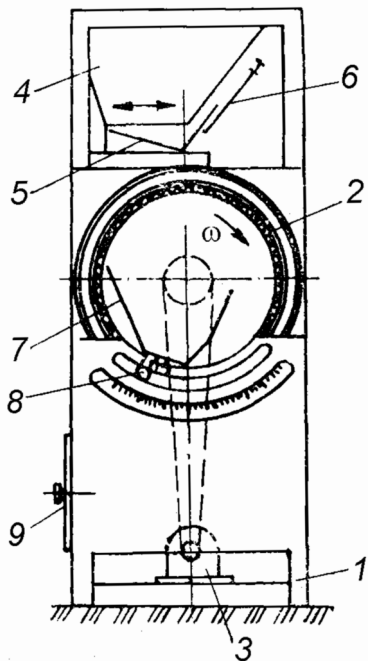


Рис. 9. Схема лабораторной установки для изучения параметров работы триера

черпнутой), определит полноту выделения:

$$\xi = \frac{G_1}{GA},$$

где G – общая масса семян короткой и длинной фракций, участвующих в опыте, кг;

A – относительное содержание короткой фракции в исходном материале.

Порядок выполнения работы. Работу выполняют на лабораторной установке (рис. 9), на станине 1 которой закреплен триерный цилиндр 2. Он получает привод от электродвигателя 3 через редуктор и клиноременную передачу. Сбоку цилиндра установлен бункер 4 для зерна. На дне бункера смонтирован вибрационный питатель 5, на боковой стенке – дозирующая заслонка 6. Внутри триерного цилиндра установлен желоб 7, положение которого изменяется фиксатором 8. Для сбора сходящей с триера длинной фракции имеется сборник 9.

Перед началом опытов замеряют длину L и радиус r триерного цилиндра, включают привод и определяют частоту n его вращения с помощью секундомера. Затем вычисляют угловую скорость $\omega = \pi n/30$, показатель кинематического режима k и углы α_{\min} и α_{\max} , соответствующие нижней и верхней границам зоны выпадения семян короткой фракции, по которым определяют положение желоба.

Правильность определения границ зоны выпадения семян короткой фракции из ячеек триера можно проверить на лабораторной установке. Для этого снимают желоб и внутрь предварительно очищенного триерного цилиндра засыпают некоторое количество отобранных семян длинной фракции из разделяемой зерновой смеси. На кронштейн крепления желоба устанавливают угловую шкалу с указателем. Включив вращение триерного цилиндра, наблюдают за подъемом семян и отмечают указателем наибольший угол подъема семян длинной фракции $\alpha_{\text{дл}}$. Затем этот же опыт проводят с семенами короткой фракции смеси, определяя углы минимального α_{\min} и максимального α_{\max} подъема семян ячейками триера. Рабочий угол установки желоба $\alpha_{\text{раб}}$ должен находиться в пределах

$$\alpha_{\text{дл}} < \alpha_{\text{раб}} < \alpha_{\min} < \alpha_{\max}.$$

В случае, если наибольший угол подъема семян длинной фракции $\alpha_{\text{дл}}$ превышает минимальный угол подъема короткой фракции α_{\min} , рабочий угол определяют, исходя из необходимой чистоты очищаемых семян или допустимых их потерь. После этого измеритель снимают и устанавливают желоб в соответствии с уточненным значением $\alpha_{\text{раб}}$.

Относительное содержание A короткой фракции в зерновой смеси определяют путем взятия из бункера установки небольшой навески массой 50...100 г и ручного разбора ее на длинную и короткую фракции.

Затем засыпают зерновую смесь в бункер, тщательно ее переме-

шивают, включают привод и проводят опыты, изменяя загрузку триера открытием дозирующей заслонки так, чтобы в конечном итоге получить четыре различных режима работы.

После каждого изменения загрузки необходимо в течение минуты дождаться стабилизации режима работы триера при выбранной загрузке, когда в цилиндре образуется слой зерна, соответствующий установленному открытию дозирующей заслонки. Затем триер останавливают, освобождают ящики, тщательно перемешивая фракции в бункере, и собирают разделенные фракции с желоба G_1 и цилиндра G_2 в течение 30...60 с. Взвешиванием на весах определяют массу разделенных фракций.

Загрузку (производительность) триера рассчитывают по зависимости

$$q = \frac{G_1 + G_2}{t},$$

где G_1 и G_2 – масса выделенных (разделенных) фракций, кг;
 t – время сбора фракций, с.

Количество материала P , вычерпнутого в желоб в единицу времени, получают делением массы G_1 , вычерпнутой в желоб на время t ее сбора, т.е. $P = G_1/t$.

Удельную загрузку q_0 вычисляют по выражению

$$q_0 = \frac{q}{2\pi rL}.$$

Удельную вычерпываемость J и полноту выделения ξ короткой фракции рассчитывают по приведенным выше зависимостям. Расчетные и опытные значения величин заносят в табл. 6. По данным табл. 6 строят графики, где по оси абсцисс откладывают удельную загрузку триера q_0 , а по оси ординат – удельную вычерпываемость J и полноту выделения ξ .

Таблица 6. Данные по определению параметров работы триера

№ опыта	n , об/мин	ω , рад/с.	r , м	k	α_{\min} , град.	α_{\max} , град.	G_1 , кг	G_2 , кг	q , кг/с	A	q_0 , кг/с·м ²	J , кг/м ²	ξ

Таблицу 6 и графики представляют в виде отчета.

[Переход в начало методических указаний](#)

Работа 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА

Задание: 1. Определить критические скорости, коэффициенты сопротивления воздуха и коэффициенты парусности зерна пшеницы и овса.

2. Построить вариационные кривые распределения зерна пшеницы и овса по критической скорости и определить возможность их разделения воздушным потоком.

Общие сведения. Разделение зерновой смеси на фракции воздушным потоком широко применяется для сепарации и основано на различии аэродинамических свойств очищаемых семян и примесей. Основными показателями, характеризующими аэродинамические свойства компонентов зерновой смеси, являются критическая скорость $V_{кр}$, коэффициент K сопротивления воздуха и коэффициент $K_{п}$ парусности.

На частицу, находящуюся в вертикальном воздушном потоке, действует сила веса G и сила воздушного потока R (рис. 10). Последняя может быть определена по формуле Ньютона

$$R = k\gamma F(V - U)^2,$$

где K – коэффициент сопротивления воздуха;

γ – плотность воздуха (при температуре $t = 20$ °С и атмосферном давлении $P = 10,3 \cdot 10^4$ Н/м² $\gamma = 1,2$ кг/м³);

F – «миделево» сечение частицы, т. е. площадь ее проекции на плоскость, перпендикулярную воздушному потоку, м²;

V – скорость воздушного потока, м/с;

U – скорость частицы, м/с.

Если $G > R$, частица будет двигаться вниз, если $G < R$, она будет двигаться вверх; при $G = R$ частица будет находиться во взвешенном состоянии, т. е. $U = 0$. Скорость воздушного потока, при которой частица находится во взвешенном состоянии, называется критической скоростью $V_{кр}$ или скоростью витания. Эта скорость определяется из формулы Ньютона при $G = R$

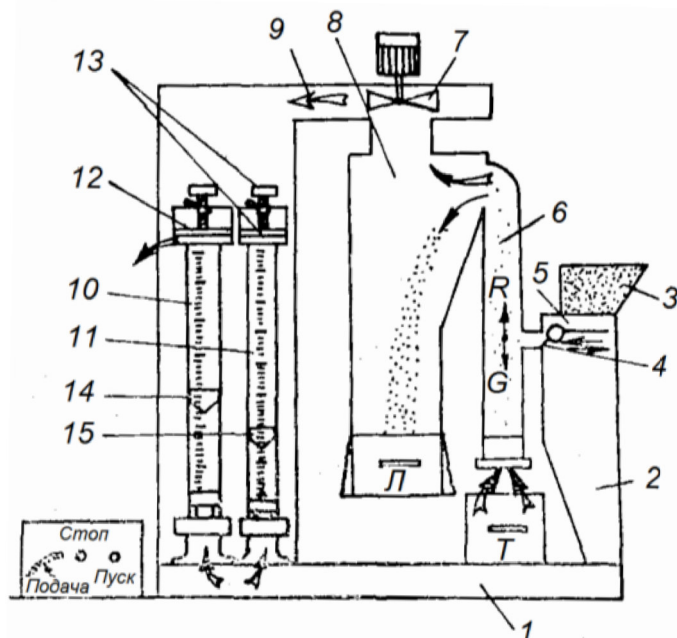


Рис. 10. Схема лабораторной установки для изучения аэродинамических свойств зерна

$$V_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{G}{K\gamma F}}.$$

Критические скорости для одной и той же частицы могут колебаться в некоторых пределах ввиду непостоянства скорости воздушного потока и изменения «миделева» сечения при колебаниях частицы. Для разделения зерновой смеси скорость воздушного потока надо выбирать больше критической для частиц удаляемой фракции.

Зная среднюю критическую скорость для какой-либо фракции и средние размеры ее зерен, можно определить коэффициент сопротивления K .

Для зерен (сферической) округлой формы

$$G = mg = \gamma_3 \frac{\pi d^3}{6} g \text{ и } F = \frac{\pi d^2}{4},$$

где γ_3 – плотность зерна, кг/м³;

d – диаметр зерна, м.

Тогда из выражения критической скорости

$$K = \frac{2g\gamma_3 d}{3\gamma V_{\text{кр}}^2}.$$

Если зерно имеет длину a , ширину b и толщину c , то его средний геометрический размер составит

$$l = \sqrt{abc} \text{ и } F = l^2.$$

Тогда

$$K = \frac{g\gamma_3 l}{\gamma V_{\text{кр}}^2}.$$

Коэффициент сопротивления зависит от формы частицы, ее плотности и поверхности, от состояния среды и скорости воздушного потока. Для семян пшеницы, ржи, ячменя коэффициент сопротивления воздуха находится в пределах 0,16...0,30. С увеличением скорости воздушного потока K уменьшается.

Ускорение свободного падения из выражения критической скорости

$$g = \frac{G}{m} = \frac{k\gamma F}{m} V_{\text{кр}}^2 = K_{\text{п}} V_{\text{кр}}^2.$$

где m – масса частицы, кг;

$K_{\text{п}} = \frac{k\gamma F}{m}$ – коэффициент парусности.

Значение этого коэффициента прямо пропорционально отношению

F/m и, кроме того, зависит от коэффициента сопротивления K и плотности воздуха γ . Отсюда

$$K_{\text{п}} = \frac{g}{V_{\text{кр}}^2}.$$

Значения коэффициента парусности для семян пшеницы, ржи, ячменя, овса составляют 0,07...0,15.

Из полученных выражений видно, что для определения коэффициентов K и $K_{\text{п}}$ необходимо знать критическую скорость материала.

Порядок выполнения работы. Изучение аэродинамических свойств зерна производят на лабораторной установке фирмы «Петкус» (см. рис. 10). Установка имеет станину 1, на кронштейне 2 которой установлен бункер 3 для исследуемого зерна. Выходное отверстие бункера закрывается дозирующей заслонкой 4, а дно 5 приводится в колебательное движение с помощью электровибратора. При работе установки зерно из бункера вводится в канал 6, в котором вентилятором 7 создается вертикальный воздушный поток. На пути воздушного потока имеется осадочная камера 8, в которой увлекаемые потоком более легкие зерна (для которых $G < R$) поднимаются (задерживаются) (за счет падения скорости воздуха) и собираются в сборнике «Л». Более тяжелые зерна (для которых $G > R$) по каналу падают в сборник «Т». После вентилятора воздушный поток через канал 9 и расходомеры 10, 11 выходит наружу в отверстия, закрываемые регулируемые заслонками 12, 13.

Внутри расходомеров установлены металлические поплавки-указатели 14, 15. В зависимости от степени открытия заслонок изменяется количество воздуха, проходящего через кольцевые щели между внутренними стенками расходомеров и поплавками-указателями. При этом поплавки-указатели занимают определенное положение по высоте, которое соответствует расходу воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), указанному на градуированной стенке расходомера. Пользуясь тарифовочным графиком, расположенным на установке, по расходу воздуха через расходомеры определяют его скорость в вертикальном канале. Для грубого регулирования используется расходомер 10, для более точного – расходомер 11.

Включение вентилятора производят кнопкой «Пуск», остановку – кнопкой «Стоп». Частоту колебательных движений дна бункера изменяют регулятором «Подача». Во избежание поломки не рекомендуется поворачивать тумблер дозатора больше делений 2,5...3,0.

Навеску зерна (овса) массой 100 г засыпают в бункер. Затем включают в работу вентилятор и после стабилизации режима его работы заслонкой 13 устанавливают расход воздуха, соответствующий началу выделения наиболее легкой фракции (определяют по предварительным данным). Плавным поворотом регулятора «Подача» зерновую смесь вводят в вертикальный воздушный канал. Частицы, для которых ско-

рость воздуха выше их критической, увлекаются воздушным потоком, перемещаются в осадочную камеру и попадают в сборник «Л». Более тяжелая фракция выходит в сборник «Т». После прохождения всей навески через воздушный канал выделенную в сборник «Л» фракцию взвешивают и откладывают в сторону. Фракцию из сборника «Т» пропускают снова через установку, увеличив предварительно расход воздуха на 5 м³/с. Опыты проводят до тех пор, пока вся навеска не выделится в сборник «Л». При этом каждый раз увеличивают расход воздуха на 5 м³/с.

Аналогично проводят исследование другого вида зерна (пшеницы).

Поскольку первая и последняя фракции при исследовании каждого вида зерна ограничены одним значением критической скорости, что не позволяет рассчитать среднее значение, при обработке результатов опыта их в расчет не принимают. Общее количество классов (столбцов таблицы) определяют по результатам опытов.

Данные опытов заносят в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты исследований аэродинамических свойств семян

Показатели	Номер класса						
	1	2	3	4	5	6	7
Расход воздуха, м ³ /ч							
Скорость воздушного потока, м/с							
Средняя критическая скорость семян, м/с							
Масса фракции овса, г							
Частота, %							
Масса фракции пшеницы, г							
Частота, %							

Критическая скорость зерен для каждой i -той фракции находится в пределах от значения скорости воздушного потока V_{i-1} при выделении предыдущей ($i-1$) фракции до значения скорости воздушного потока V_i . Средняя критическая скорость частиц выделенной фракции равна

$$V_{i_{cp}} = (V_{i-1} + V_i) / 2.$$

По данным таблицы 7 строят вариационные кривые для каждого

вида зерна, откладывая по оси абсцисс среднюю критическую скорость в классе (фракции), а по оси ординат – частоту.

По вариационным кривым определяют возможность разделения исследуемых видов зерна воздушным потоком и скорость потока, обеспечивающую наиболее полное разделение.

Вариационные кривые и результаты проведенных опытов представляют в виде отчета.

[Переход в начало методических указаний](#)

Работа 5. ОЦЕНКА РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СОРТИРОВАЛЬНОГО СТОЛА

Задание. Произвести настройку пневматического сортировального стола на оптимальный режим работы и определить качество сортирования семян.

Общие сведения. Для отбора посевного материала высокого качества очищенные от примесей и разделенные по другим признакам семена дополнительно сортируют по плотности. Использование семян с высокой плотностью значительно повышает сбор урожая. Сортируют семена по плотности на пневматических сортировальных столах.

Пневматический сортировальный стол ПСС-0,2 предназначен для очистки от трудноотделимых примесей и сортирования по плотности семян различных культур, полученных с опытных селекционных делянок. Он состоит из рамы 1 (рис. 11), деки 2, имеющей продольный и поперечный наклон, опорной рамки 3, эксцентрикового вала с рамой 4, вентилятора 5 с механизмом привода, фильтра, бункера 10 с питателем, сборника семян, пульта управления 9.

Рабочий процесс пневматического сортировального стола протекает следующим образом. Семена из бункера через колеблющийся лоток поступают на деку и распределяются по ее поверхности. Во время движения по деке слой семян пронизывается воздушным потоком, создаваемым вентилятором. Под совместным воздействием колебаний деки и воздушного потока слой семян переходит в псевдооживленное состояние, в результате чего в нем происходит перераспределение частиц. «Тяжелые» семена, имеющие большую плотность, опускаются в нижний слой и под действием сил тяжести, инерции и трения транспортируются декой в правую, приподнятую сторону. «Легкие» семена с меньшей плотностью поднимаются в верхний слой и, не имея контакта с декой, сходят за счет поперечного наклона в левую сторону деки. Промежуточная фракция семян сходит в средней части деки.

Настройку машины на оптимальный режим работы производят с помощью следующих регулировок:

1. Подачу семян на деку регулируют изменением зазора между торцом заслонки и лотком заслонкой питателя с помощью винта.

2. Угол наклона деки в продольном направлении изменяют вручную в пределах $0...8^\circ$. Для этого ослабляют зажим поворотом рукоятки 6, устанавливают требуемый угол наклона и опять закрепляют зажим рукояткой. Увеличение угла наклона уменьшает скорость движения семян вдоль деки. При большом угле наклона деки «тяжелые» семена сходят в сборник для «легких» семян, а при малом — «легкие» семена попадают в сборник для «тяжелых» семян.

3. Угол наклона деки в поперечном направлении, влияющий на скорость схода семян с деки, изменяют в пределах $0...2^\circ$ и фиксируют винтом.

4. Частоту колебаний деки изменяют в пределах $360... 560 \text{ мин}^{-1}$ клиноременным вариатором с помощью рукоятки 8.

5. Воздушный поток, создаваемый вентилятором, регулируют изменением площади его входного окна вращением рукоятки 7. При слишком большой скорости воздуха нарушается связь «тяжелых» семян с сеткой деки и они сходят в сборник для «легких» семян. При малой, скорости воздуха нарушается перераспределение «тяжелых» и «легких» семян по слоям и они сходят с деки, не разделившись.

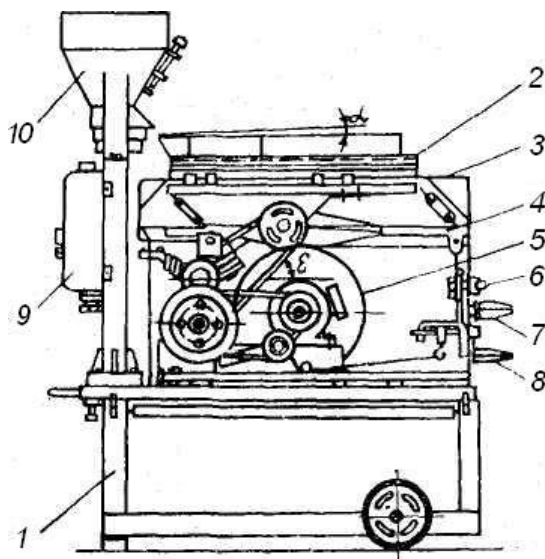


Рис. 11. Схема пневматического сортировального стола ПСС-02

Для движения «тяжелых» семян вверх по поверхности деки показатель кинематического режима k работы деки необходимо подбирать таким, чтобы выполнялось условие

$$k_0 > k > k_2 > k_1,$$

где k_0 — граничное значение показателя кинематического режима, при котором исключается отрыв семян от деки;

k_2 — граничное значение показателя кинематического режима, при котором исключается движение семян вниз по деке;

k_1 – граничное значение показателя кинематического режима, при котором исключается движение семян вверх по деке.

У пневматического сортировального стола угол направленности колебаний ε в отличие от решетного стана отсчитывают в противоположном направлении (против часовой стрелки). Поэтому граничные значения показателя кинематического режима определяют по формулам, которые отличаются от используемых в работе 4 для решетного стана знаками при угле ε

$$k_1 = \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\varphi + \alpha - \varepsilon)}, k_2 = \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varphi - \alpha + \varepsilon)}, k_0 = \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha - \varepsilon)}$$

где α – угол наклона деки в продольном направлении;

$\varepsilon = 40^\circ$ – угол направления направленности колебаний;

$\varphi = 22...30^\circ$ – угол трения семян пшеницы о поверхность деки.

Показатель кинематического режима работы деки

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

где $\omega = \pi n/30$ и $r = 3$ мм — соответственно угловая скорость и радиус кривошипа; g — ускорение свободного падения.

Порядок выполнения работы. Для заданных семян настраивают пневматический сортировальный стол на необходимый режим работы, выполняя последовательно указанные выше регулировки (табл. 8). Опыты можно провести при двух-трех различных значениях частоты колебаний деки с целью изучения влияния показателя кинематического режима на качество работы пневматического сортировального стола.

После настройки машины и работы ее в течение 0,5...1 минуты в установившемся режиме собирают в отдельные сборники семена по выходам, берут навески методом средней пробы с каждого выхода по 25 г и определяют плотность.

Для определения плотности наливают в мензурку 100 см³ воды, высыпают в нее навеску семян и определяют объем вытесненной жидкости. Затем путем деления массы семян, высыпанной в мензурку, на объем вытесненной жидкости получают их плотность.

Опытные и расчетные данные заносят в табл. 9 и представляют в виде отчета.

Таблица 8 – Ориентировочные режимы работы пневматического сортировального стола при сортировании некоторых культур

Культура	Величина открытия воздушной заслонки	Угол наклона деки в продольном направлении, град	Угол наклона деки в поперечном направлении, град
Пшеница	8	4	0,5
Рожь	7	4	0,5
Ячмень	7	5	0
Овес	5	5,5	1,0

Таблица 9. Режим работы пневматического стола и плотность семян после сортирования

Угол наклона деки, α	Частота колебаний деки n , мин^{-1}	Показатель кинематического режима и его граничные значения				Плотность семян по выходам				
		k_0	k	k_2	k_1	1	2	3	4	5

[Переход в начало методических указаний](#)

Приложение 1

Таблица 1 – Значения функции Лапласа

Укл.	%	Укл.	%	Укл.	%	Укл.	%	Укл.	%	Укл.	%
0,01	0,40	0,66	24,54	1,31	40,50	1,96	47,50	2,61	49,57	3,26	49,95
0,02	0,80	0,67	24,86	1,32	40,66	1,97	47,56	2,62	49,58	3,27	49,95
0,03	1,20	0,68	25,18	1,33	40,83	1,98	47,62	2,63	49,59	3,28	49,95
0,04	1,60	0,69	25,50	1,34	41,00	1,99	47,68	2,64	49,60	3,29	49,95
0,05	2,00	0,70	25,80	1,35	41,15	2,00	47,73	2,65	49,61	3,30	49,96
0,06	2,39	0,71	26,12	1,36	41,30	2,01	47,78	2,66	49,62	3,31	49,96
0,07	2,79	0,72	26,44	1,37	41,45	2,02	47,83	2,67	49,63	3,32	49,96
0,08	3,19	0,73	26,76	1,38	41,60	2,03	47,88	2,68	49,64	3,33	49,96
0,09	3,59	0,74	27,08	1,39	41,75	2,04	47,93	2,69	49,65	3,34	49,96
0,10	3,98	0,75	27,34	1,40	41,92	2,05	47,98	2,70	49,66	3,35	49,97
0,11	4,38	0,76	27,64	1,41	42,06	2,06	48,03	2,71	49,67	3,36	49,97
0,12	4,78	0,77	27,94	1,42	42,20	2,07	48,08	2,72	49,68	3,37	49,97
0,13	5,18	0,78	28,24	1,43	42,34	2,08	48,13	2,73	49,69	3,38	49,97
0,14	5,58	0,79	28,54	1,44	42,48	2,09	48,18	2,74	49,70	3,39	49,97
0,15	5,96	0,80	28,81	1,45	42,65	2,10	48,21	2,75	49,71	3,40	49,97
0,16	6,35	0,81	29,09	1,46	42,78	2,11	48,25	2,76	49,72	3,41	49,97
0,17	6,74	0,82	29,37	1,47	43,01	2,12	48,29	2,77	49,73	3,42	49,97
0,18	7,13	0,83	29,65	1,48	43,14	2,13	48,33	2,78	49,74	3,43	49,97
0,19	7,52	0,84	29,93	1,49	43,27	2,14	48,37	2,79	49,74	3,44	49,97
0,20	7,93	0,85	30,23	1,50	43,32	2,15	48,42	2,80	49,75	3,45	49,98
0,21	8,32	0,86	30,50	1,51	43,44	2,16	48,46	2,81	49,76	3,46	49,98
0,22	8,71	0,87	30,77	1,52	43,56	2,17	48,50	2,82	49,77	3,47	49,98
0,23	9,10	0,88	31,04	1,53	43,68	2,18	48,54	2,83	49,78	3,48	49,98
0,24	9,49	0,89	31,31	1,54	43,80	2,19	48,58	2,84	49,78	3,49	49,98
0,25	9,87	0,90	31,59	1,55	43,94	2,20	48,61	2,85	49,79	3,50	49,98
0,26	10,25	0,91	31,85	1,56	44,05	2,21	48,64	2,86	49,80	3,51	49,98
0,27	10,63	0,92	32,11	1,57	44,16	2,22	48,67	2,87	49,81	3,52	49,98
0,28	11,01	0,93	32,37	1,58	44,27	2,23	48,70	2,88	49,81	3,53	49,98
0,29	11,39	0,94	32,63	1,59	44,38	2,24	48,73	2,89	49,81	3,54	49,98
0,30	11,79	0,95	32,89	1,60	44,52	2,25	48,78	2,90	49,82	3,55	49,96
0,31	12,17	0,96	33,14	1,61	44,63	2,26	48,81	2,91	49,83	3,56	49,98
0,32	12,55	0,97	33,40	1,62	44,74	2,27	48,84	2,92	49,84	3,57	49,98
0,33	12,93	0,98	33,63	1,63	44,85	2,28	48,87	2,93	49,84	3,58	49,98
0,34	13,31	0,99	33,88	1,64	44,96	2,29	48,90	2,94	49,84	3,59	49,98
0,35	13,68	1,00	34,13	1,65	45,05	2,30	48,93	2,95	49,85	3,60	49,99

0,36	14,05	1,01	34,37	1,66	45,15	2,31	48,96	2,96	49,86	3,61	49,99
0,37	14,42	1,02	34,61	1,67	45,25	2,32	48,99	2,97	49,87	3,62	49,99
0,38	14,79	1,03	34,85	1,68	45,35	2,33	49,02	2,98	49,87	3,63	49,99
0,39	15,16	1,04	35,09	1,69	45,45	2,34	49,06	2,99	49,87	3,64	49,99
0,40	15,54	1,05	35,31	1,70	45,54	2,35	49,08	3,00	49,88	3,65	49,99
0,41	15,91	1,06	35,53	1,71	45,63	2,36	49,10	3,01	49,88	3,66	49,99
0,42	16,28	1,07	35,75	1,72	45,72	2,37	49,12	3,02	49,89	3,67	49,99
0,43	16,65	1,08	35,97	1,73	45,81	2,38	49,14	3,03	49,89	3,68	49,99
0,44	17,02	1,09	36,20	1,74	45,90	2,39	49,17	3,04	49,89	3,69	49,99
0,45	17,36	1,10	36,43	1,75	45,99	2,40	49,19	3,05	49,89	3,70	49,99
0,46	17,72	1,11	36,64	1,76	46,07	2,41	49,21	3,06	49,89	3,71	49,99
0,47	18,08	1,12	36,85	1,77	46,15	2,42	49,23	3,07	49,90	3,72	49,99
0,48	18,44	1,13	37,06	1,78	46,23	2,43	49,26	3,08	49,90	3,73	49,99
0,49	18,80	1,14	37,27	1,79	46,31	2,44	49,29	3,09	49,90	3,74	49,99
0,50	19,15	1,15	37,49	1,80	46,41	2,45	49,31	3,10	49,91	3,75	49,99
0,51	19,50	1,16	37,69	1,81	46,48	2,46	49,33	3,11	49,91	3,76	49,99
0,52	19,85	1,17	37,89	1,82	46,55	2,47	49,35	3,12	49,92	3,77	49,99
0,53	20,20	1,18	38,09	1,83	46,62	2,48	49,37	3,13	49,92	3,78	49,99
0,54	20,55	1,19	38,29	1,84	46,69	2,49	49,38	3,14	49,92	3,79	49,99
0,55	20,88	1,20	38,50	1,85	46,78	2,50	49,40	3,15	49,93	3,80	49,99
0,56	21,22	1,21	38,68	1,86	46,85	2,51	49,42	3,16	49,93	3,81	49,99
0,57	21,56	1,22	38,87	1,87	46,92	2,52	49,44	3,17	49,93	3,82	49,99
0,58	21,90	1,23	39,06	1,88	46,99	2,53	49,45	3,18	49,93	3,83	49,99
0,59	22,24	1,24	39,25	1,89	47,06	2,54	49,46	3,19	49,93	3,84	49,99
0,60	22,58	1,25	39,44	1,90	47,13	2,55	49,47	3,20	49,94	3,85	50,00
0,61	21,91	1,26	39,62	1,91	47,19	2,56	49,48	3,21	49,94	3,86	50,00
0,62	23,24	1,27	39,80	1,92	47,25	2,57	49,49	3,22	49,94	3,87	50,00
0,63	23,57	1,28	39,98	1,93	47,31	2,58	49,51	3,23	49,94	3,88	50,00
0,64	23,90	1,29	40,16	1,94	47,37	2,59	49,53	3,24	49,94	3,89	50,00
0,65	24,22	1,30	40,32	1,95	47,44	2,60	49,55	3,25	49,95	3,90	50,00