

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

И.В. Бумбар, А.В. Парубенко, Ю.Л. Рузайкин

ПРАКТИКУМ
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ МАШИНАМ

Учебное пособие

Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2015

УДК 631.3(076.5)

Практикум по сельскохозяйственным машинам: учебное пособие / сост. И.В. Бумбар, А.В. Парубенко, Ю.Л. Рузайкин. – Благовещенск: ДальГАУ, 2015. – 111 с.

В практикуме представлены лабораторные работы по изучению физико-механических свойств почвы и семян, технологических процессов рабочих органов сельскохозяйственных машин. Приведены теоретические основы и методика исследования.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлениям 110800.62 и 110800.68 - Агроинженерия, всех форм обучения.

Рецензент – А.Ф. Кислов, канд.техн.наук, доцент

Рекомендовано к печати методическим советом факультета механизации сельского хозяйства ДальГАУ (Протокол №2 от 29 октября 2014 г.)

Издательство ДальГАУ

2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторная работа 1	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ЗЕРНА СОИ	6
1 Теоретическая часть	6
2 Практическая часть	9
Контрольные вопросы.....	11
Лабораторная работа 2	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА	
И КОЭФФИЦИЕНТОВ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ	
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЧВЫ	12
1 Теоретическая часть	12
2 Практическая часть	14
Контрольные вопросы.....	18
Лабораторная работа 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО	
СМЯТИЯ ПОЧВЫ	19
1 Теоретическая часть	19
2 Практическая часть	21
Контрольные вопросы.....	26
Лабораторная работа 4	
СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	
КОРПУСА ПЛУГА	27
1 Теоретическая часть	27
2 Практическая часть	31
Контрольные вопросы.....	35
Лабораторная работа 5	
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГЛУБЛЕНИЯ И ПЕРЕВОДА	
В ТРАНСПОРТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ НАВЕСНОГО ПЛУГА	36
1 Теоретическая часть	36
2 Практическая часть	39
Контрольные вопросы.....	41
Лабораторная работа 6	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБЪЁМА	
ВЫСЕВАЮЩЕЙ КАТУШКИ	42
1 Теоретическая часть	42
2 Практическая часть	43
Контрольные вопросы.....	50

Лабораторная работа 7	
ИЗУЧЕНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТАРЕЛЬЧАТОГО	
ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА	51
1 Теоретическая часть	51
2 Практическая часть	53
Контрольные вопросы.....	56
Лабораторная работа 8	
ИЗУЧЕНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО	
ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА	57
1 Теоретическая часть	57
2 Практическая часть	62
Контрольные вопросы.....	64
Лабораторная работа 9	
ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА.....	65
1 Теоретическая часть	65
Типы режущего.....	66
2 Практическая часть	69
Контрольные вопросы.....	78
Лабораторная работа 10	
ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ МОТОВИЛА	79
1 Теоретическая часть	79
2 Практическая часть	83
Контрольные вопросы.....	89
Лабораторная работа 11	
ИЗУЧЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН	90
1 Теоретическая часть	90
2 Практическая часть	92
Дурнишник.....	96
Контрольные вопросы.....	96
Лабораторная работа 12	
РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СЛОЯ ЗЕРНА	
ПО РЕШЕТУ	98
1 Теоретическая часть	98
2 Практическая часть	99
Лабораторная работа 13	
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ	
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТРИЕРА.....	104
1 Теоретическая часть	104
Контрольные вопросы.....	110

ВВЕДЕНИЕ

Современные сельскохозяйственные машины представляют собой сложные технические системы, при изучении которых необходимо учитывать основные закономерности взаимодействия рабочих органов с обрабатываемой средой, влияние их формы, размеров на показатели качества, влияние состояния технической системы на показатели ее эффективного функционирования в конкретных условиях.

Интенсификация рабочих процессов машин в первую очередь определяется технически грамотной регулировкой и установкой рабочих органов.

В настоящий практикум включены работы по изучению технологических процессов рабочих органов сельскохозяйственных машин, которые смоделированы в лабораторных условиях. В работах приводятся основы теории соответствующих разделов курса сельскохозяйственных машин и теории сельскохозяйственных процессов, методика проведения эксперимента и обработки данных, которые позволяют понять сущность процессов, выполняемых рабочим органом, дают возможность обоснованно выбрать близкий к оптимальному режим функционирования.

Лабораторные работы, входящие в практикум, могут выполняться на занятиях по методике исследовательских работ и при самостоятельной работе студентов.

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ЗЕРНА СОИ

1 Теоретическая часть

На трение рабочих органов сельскохозяйственных машин о почву, зерно и другие материалы расходуется значительная часть энергии, В результате действия сил трения происходит изнашивание рабочих поверхностей в машинах, а обрабатываемый материал часто получает механическое повреждение.

Рассмотрим процесс трения скольжения некоторого тела весом G , расположенного на поверхности $A - A$ (рис. 1).

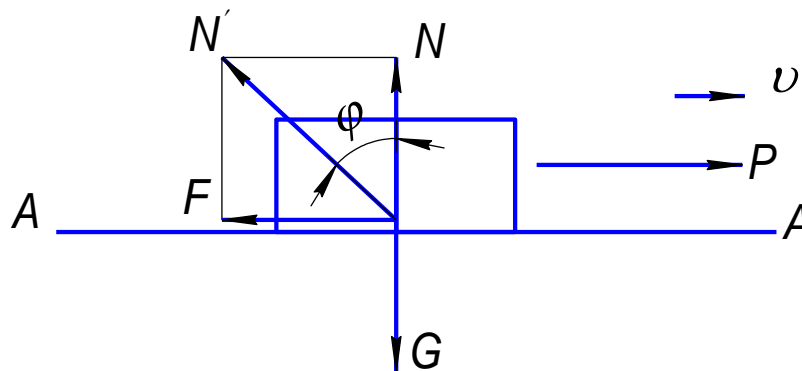


Рис 1. Силы, действующие на тело при движении по плоскости

Реакция опоры на это тело равна N .

Если попытаться привести это тело в движение, то величину приложенной силы P необходимо увеличить до некоторого значения P (рис.2). Когда величина силы P станет достаточной для преодоления трения покоя F_0 ($P = F_0$), тело начнет движение. При установившемся движении тела величина движущей силы уменьшится и составит некоторое значение P_c . Силу $F = P_c$, возникающую в результате движения тела называют силой трения скольжения.

При определении её величины пользуются упрощенной формулой

$$F=fN, \quad (1)$$

где f - коэффициент трения скольжения;

N -сила нормального давления.

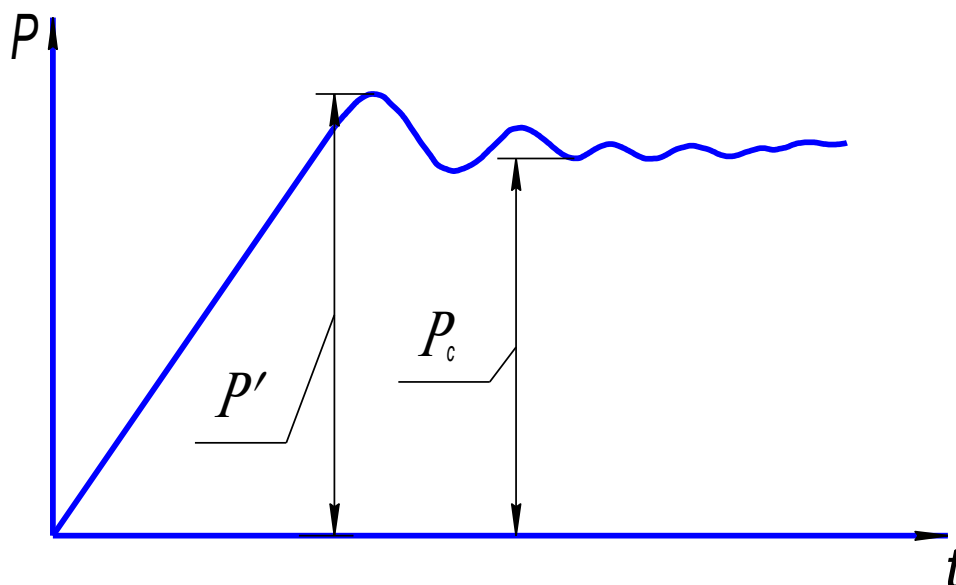


Рис. 2. Характер изменения движущей силы P

В результате трения тела о поверхность равнодействующая N' сил F и N отклоняется от нормали на некоторый угол φ - угол трения (рис. 1):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F}{N},$$

из уравнения (1) имеем:

$$f = \frac{F}{N},$$

тогда

$$\operatorname{tg} \varphi = f.$$

Коэффициент трения скольжения определяют различными способами. При исследовании физико-механических свойств с.-х. материалов широко применяют прибор, теоретические основы которого разработал академик В.А. Желиговский. Принципиальная схема определения коэффициента трения этим прибором выглядит так. Прямую линейку располагают под углом $(90^\circ - \alpha)$ к направлению её движения (рис.3).

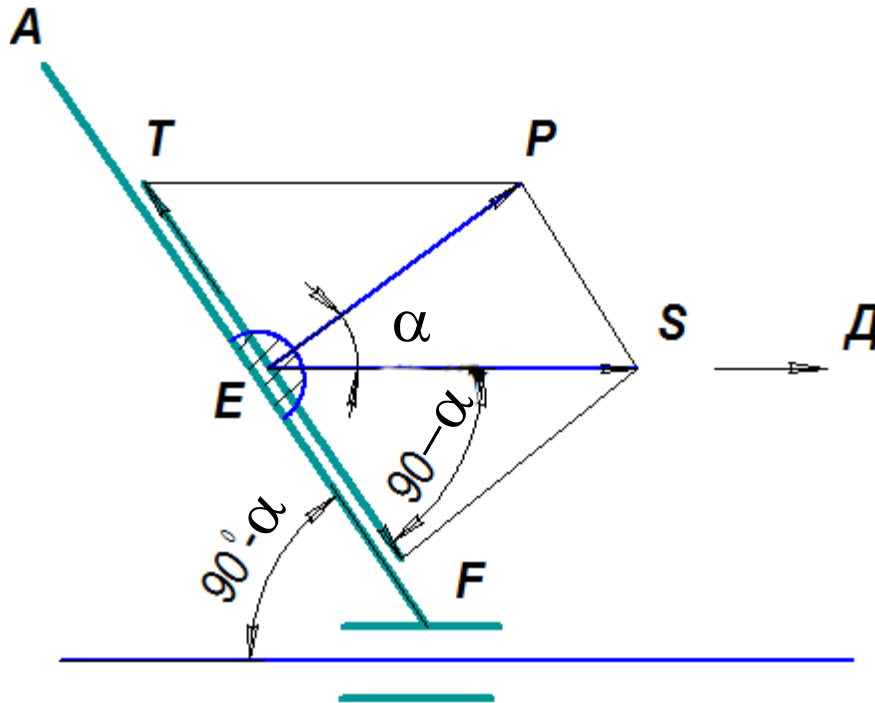


Рис.3. Схема сил, действующих на тело при $\alpha < \varphi$

Линейка толкает тело E и оказывает на него давление силой P , которая перпендикулярна линейке. Разложим силу P на две составляющие T и S . Сила T стремится сдвинуть тело вдоль, а сила S в направлении движения линейки. Скольжению тела E вдоль линейки препятствует сила трения F . При этом может иметь место один из двух случаев:

1. $\alpha < \varphi$ В этом случае сила трения $F = T = Ptg\alpha$, а тело E перемещает вместе с линейкой в направлении действия силы S , т.е. скольжение линейке отсутствует (рис.3).

2. $\alpha > \varphi$ (рис.4). Из этого рисунка можем записать: $T = Ptg\alpha$, $F = Ptg\varphi$. Так как $\alpha > \varphi$, то $T > F$, а следовательно имеет место скольжение тела по линейке. Абсолютная траектория движения тела E будет характеризовать направлением действия результирующей силы R .

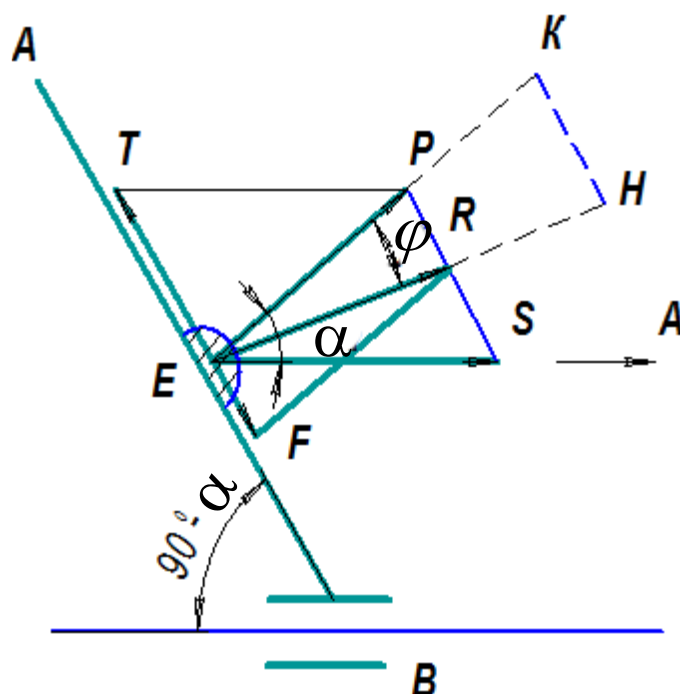


Рис.4.Схема сил, действующих на тело при $a > \varphi$

Если тело E снабдить карандашом, а поверхность стола покрыть бумагой, то карандаш запишет траекторию EH . Проведя нормаль EK к линейке так, чтобы она пересеклась в точке E с траекторией EH получен угол KEH , тангенс которого численно равен коэффициенту трения тела по поверхности линейки f . Если отложить от точки E на прямой EK отрезок, равный 100 мм, а в точку K восстановить перпендикуляр KH , то получим прямоугольный треугольник EKH , численное значение длины отрезка KH в миллиметрах, разделенное на 100мм, равно тангенсу угла KEH , т.е. это коэффициент трения f тела E по поверхности линейки.

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Определить коэффициент трения скольжения зерна сои по различным материалам.

2.2 Оборудование и приборы. Прибор академика В.А. Желиговского, образец сои, стальная, деревянная, текстолитовая и резиновая полосы.

2.3 Порядок выполнения работы. Определить коэффициент трения

скольжения зерна сои по материалу, заданному преподавателем. Изучить устройство прибора В.А. Желиговского. Заправить образец зерна сои в зажимы. Прикрепить материал к линейке с помощью струбцин. Закрепить лист бумаги на чертежной доске. Подвести образец с зерном вплотную к линейке. Перемещая линейку вдоль доски, вычертить траекторию EH движения образца зерна сои. Провести на бумаге по линейке прямую AB (рис.4) под углом к направлению движения. Восстановить к AB перпендикуляр EK . Определить тангенс угла между нормалью EK и траекторией EH . Для этого на EK от точки E отложить отрезок 100 мм. В точке K восстановить перпендикуляр до пересечения с EH (точка H). Коэффициент трения вычислить по формуле:

$$f = \operatorname{tg} \varphi = \frac{KH}{100}.$$

Определить коэффициент трения для «соя-материал» при двух углах α (30° и 40°) и с пятикратной повторностью. Результаты опытов записать в таблицу.

Таблица-Результаты определения коэффициента трения

№ опыта	Поверхности трения	Угол наклона линейки, $90^\circ - \alpha$	Номер повторности опыта	Коэффициент трения, f_i	Среднее арифметическое значение, \bar{f}	Уклонение, G_i	Квадрат уклонения, G_i^2	Примечание
1	Соя	60°	1		-			
			2					
			3					
			4					
			5					

Обработать опытные данные в следующей последовательности:

1. Определить среднее арифметическое значение коэффициента трения для каждого опыта:

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}.$$

2. Определить уклонения коэффициента трения каждого опыта от среднего значения

$$\bar{f} - f_i = G_i.$$

3. Определить погрешность опыта:

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n G_i^2}{n-1}},$$

где n - число повторностей в опыте.

Величина S называется среднеквадратическим отклонением арифметической средней величины. Она характеризует показатель варьирования признака. Результат определения коэффициента трения записывается так: $f = \bar{f} \pm S$.

4. Определить коэффициент вариации:

$$V = \frac{S}{\bar{f}} \cdot 100, \%$$

и ошибку средней арифметической:

$$m = \frac{S}{\sqrt{n}}.$$

5. Определить показатель точности опыта:

$$P = \frac{m}{\bar{f}} \cdot 100, \%.$$

Опыт считается достаточно точным, когда P меньше 2%, удовлетворительным - при P не более 5%. Показатель точности опыта больший 5% свидетельствует о значительных ошибках в определении средней арифметической величины.

Отчет по работе

1. Лист первичных опытных данных?
2. Таблица опытных данных и математические расчеты (представляет каждый студент для своего материала).

Контрольные вопросы

1. Что такое сила трения скольжения?
2. Какая связь существует между коэффициентом трения и углом трения?
3. Как влияет на коэффициент трения изменение угла наклона линейки к направлению движения?

Лабораторная работа 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА
И КОЭФФИЦИЕНТОВ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЧВЫ

1 Теоретическая часть

В практике сельскохозяйственного производства грузы подразделяются на штучные и насыпные. В технической литературе наряду с названием "насыпной груз" употребляют в качестве синонимов названия: "насыпной материал", "сыпучий материал", "транспортируемый материал т.д..

Насыпной груз представляет собой в общем случае механическую смесь твердых тел различной формы и крупности. В толще насыпного груза могут возникать напряжения сжатия σ и касательные напряжения τ . Равновесие сыпучей среды называется такое её состояние, при котором отсутствует взаимное скольжение составляющих её частиц.

Насыпные грузы характеризуются рядом механических свойств, среди которых важное значение имеют угол естественного откоса и коэффициент внутреннего трения.

Знание конкретных величин углов естественного откоса коэффициентов внутреннего трения почв и других сельскохозяйственных материалов позволяет правильно подойти к проектированию рабочих органов сельскохозяйственных машин, выбрать такой принцип их действия, который позволил бы выполнить наиболее качественно технологический процесс при возможно меньшей затрате энергии.

Угол α , образованный плоскостью естественного откоса с горизонтальной плоскостью, называется углом естественного откоса (рис 1).

Величина угла α , зависит от подвижности частиц насыпного груза; чем большей подвижностью обладают частицы, тем меньше угол. Угол естественного откоса зависит также от состояния опорной поверхности.

Коэффициент $tg\varphi$ внутреннего трения сыпучих сельскохозяйственных материалов и малосвязных почв равен тангенсу углов естественных откосов. Определение коэффициентов основано на установлении величин этих углов (рис.1), так как любая элементарная частичка находится в равновесии, когда $G\sin\alpha = G\cos\alpha \cdot tg\varphi$, откуда $tg\alpha = tg\varphi$.

Для идеально сыпучих материалов, к которым можно отнести и сухое зерно, из теории сыпучей среды, а также механики грунтов известны ряд гипотез и в том числе закон пропорциональности $\tau = \sigma \cdot tg\varphi$ (рис. 2). Откуда коэффициент внутреннего трения равен

$$tg\varphi = \frac{\tau}{\sigma}, \quad (1)$$

где σ - нормальное напряжение, Н/м ;

τ - предельное касательное напряжение, Н/м².

Отсюда угол внутреннего трения равен : $\varphi = arctg \frac{\tau}{\sigma}$.

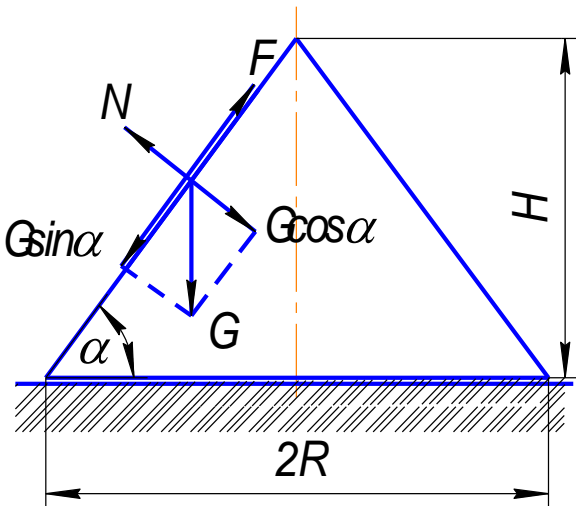


Рис.1. Схема сил при определении коэффициента внутреннего трения сыпучих материалов

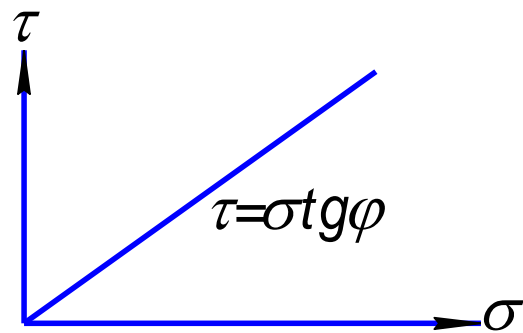


Рис. 2. Схема предельных касательных напряжений

Нормальное напряжение σ (Н/м²) равно:

$$\sigma = \frac{Q}{F} + h \cdot y \cdot g, \quad (2)$$

где Q - вес рамки и груза, Н;

h - высота слоя материала в коробке, м;

γ - объемная масса насыпного груза, кг/м³;

F - площадь сечения коробки, м²;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Касательное напряжение τ (Н/м) равно:

$$\tau = \frac{P - W}{F}, \quad (3)$$

где P - сила тяги, Н;

W - сопротивление движению коробки без сыпучего материала, Н.

Для идеально сыпучих материалов коэффициент внутреннего трения $\operatorname{tg}\varphi$ равен коэффициенту сопротивления сдвигу и может быть определен опытным путем на приборе (рис.4).

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Изучить устройство и принцип работы приборов (рис.3 и рис.4). Определить угол естественного откоса и коэффициент внутреннего трения зерна сои или пшеницы.

2.2 Оборудование, приборы и инструменты. Прибор для определения угла естественного откоса, прибор для определения сопротивления, набор разновесов, линейка, зерно пшеницы и сои.

2.3. Устройство и работа прибора для определения угла естественного откоса. Угол естественного откоса зерна сои и пшеницы при свободном осыпании определяется на приборе (рис.3). Прибор состоит из двух цилиндрических резервуаров 4 и 7, кривошипного вала 5 с поршнем 3, имеющим сменную горизонтальную поверхность и линейки-указателя 1. Зерно засыпают во внутренний цилиндр 7, когда поршень опущен в нижнее положение. При вращении рукоятки кривошипного вала 5, поршень поднимается вверх и вытесняет семена из внутреннего цилиндра, которые осыпаются через круговой лоток 6 в банку.

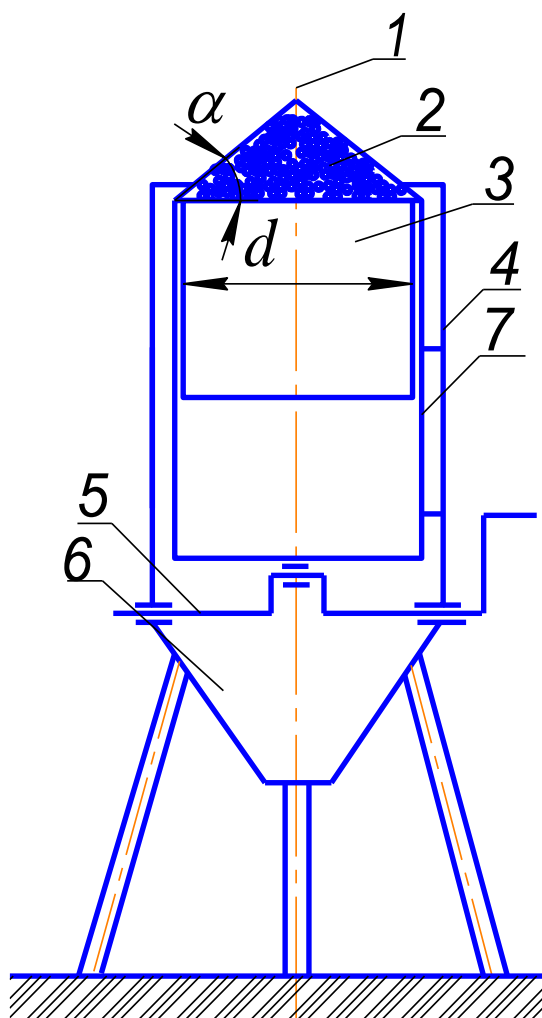


Рис.3. Схема прибора для определения угла естественного откоса:

1 - линейка-указатель; 2 - насыпной груз; 3 - поршень; 4 - наружный цилиндр;
5 - кривошипный вал; 6 - круговой лоток; 7 - внутренний цилиндр

При подъеме поршня в крайне верхнее положение на его горизонтальной площадке образуется осыпь зерна, которая располагается под углом естественного откоса α :

$$\alpha = \arctg \frac{2h}{d}, \quad (4)$$

где h - высота осыпи в середине основания, замеренная с точностью до 1мм линейкой-указателем;

d - диаметр основания осыпи, равный 92 мм.

2.4 Устройство и работа прибора для определения сопротивления сдвигу. Прибор (рис.4) состоит из неподвижного желоба 1, на направляющих ко-

того установлена подвижная коробка 2, не имеющая дна и соединенная с грузовой чашкой 3 шнуром 4, перекинутым через блок 5. В коробку 2 устанавливается рамка 6 с набором грузов 7.

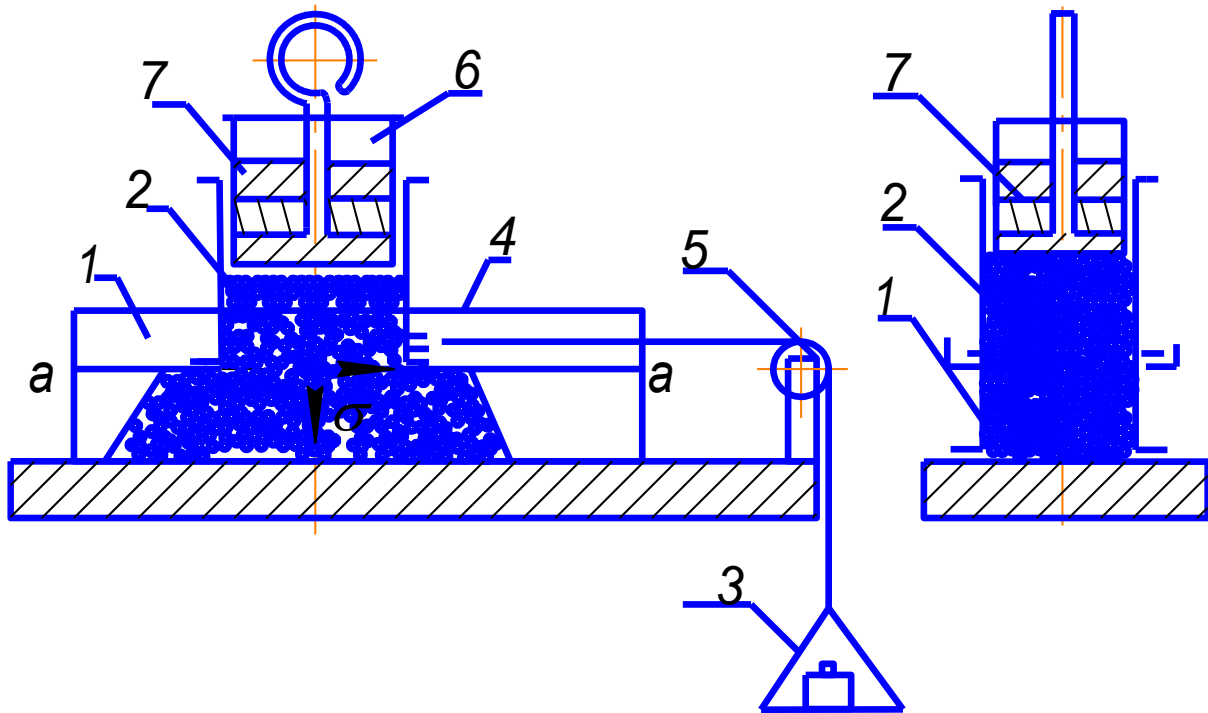


Рис.4. Схема прибора для определения сопротивления сдвигу

Прибор работает следующим образом. Насыпным грузом заполняют желоб 1 до уровня направляющих. Устанавливают коробку 2 на направляющие и заполняют ее на половину тем же грузом. На насыпной груз ставят рамку 6 с грузами 7. На чашку 3 постепенно укладывают гири до тех пор, пока коробка 2 не начнет двигаться (собственное сопротивление движению коробки 2 и вращению блока 5 компенсируется заранее подобранными добавочными разновесами на чашке 3). Нормальное и касательное напряжения вычисляются по формулам 2 и 3.

2.5 Порядок выполнения работы

2.5.1 Определить угол естественного откоса зерна пшеницы или сои на приборе (рис.3) с опорной поверхностью (фанера и оцинкованное железо). Повторность опыта - пятикратная. Результаты опытов записать в таблицу 1.

Таблица 1

Сводная таблица опытных данных для определения угла естественного откоса

№ опыта	Опорная поверхность	Повторность	Угол естественного откоса, α	Среднее арифметическое значение угла откоса, α	$tg\alpha$
1	Фанера- соля				
2	Оцинко- ванное железо				

2.5.2 Определить коэффициент внутреннего трения $tg\varphi$ на приборе (рис.4) для пшеницы или сои. Повторность опытов - трехкратная. Результаты опытов записать в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты определения коэффициента внутреннего трения $tg\varphi = \frac{\tau}{\sigma}$ и угла φ

Наименование параметров	Повторность опытов		
	1	2	3
	$Q=10Н$	$Q=20Н$	$Q=30Н$
1. Высота слоя материала в коробке, м (h)			
2. Площадь сечения коробки, м ²			
3. Сила тяги, Н (P)			
4. Соппротивление движению коробки без материала, Н (W)			
5. Нормальное напряжение, σ			
6. Касательное напряжение, τ			
7. Коэффициент внутреннего трения, $tg\varphi$			
8. Угол внутреннего трения, φ			

2.5.3 Проанализировать, зависит ли значение $tg\varphi$ от нагрузки. Сравнить данные таблиц 1 и 2 по углу естественного откоса α и внутреннего трения φ .

Отчет по работе

Отчет по работе должен содержать:

1. Необходимые расчеты и таблицы 1, 2.
2. Заключение о влиянии нагрузки на коэффициент внутреннего трения.

Контрольные вопросы

1. Знать устройство приборов для определения угла естественного откоса, коэффициента внутреннего трения и угла внутреннего трения.
2. Знать, что такое угол естественного откоса, коэффициент внутреннего трения и угол внутреннего трения сыпучих материалов и как они определяются.

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО СМЯТИЯ ПОЧВЫ

1 Теоретическая часть

Физико-механические свойства почвы определяют проходимость и сопротивление перекачиванию машин, удельное сопротивление при обработке. От физико-механических свойств почвы зависит энергоемкость, расход топлива и износ машин.

На работу машин наибольшее влияние оказывает механический состав и влажность почвы, от которых в свою очередь зависят такие определяющие ее свойства, как пластичность, липкость, связность, твердость и др.

Определение такого свойства почвы как твердость является обязательным при проведении Государственных испытаний почвообрабатывающих, картофелеуборочных и других машин.

Под твердостью почвы следует понимать, ее способность сопротивляться внедрению постороннего твердого тела. Согласно ГОСТу 20915-75 твердость почвы определяют твердомером (рис. 1).

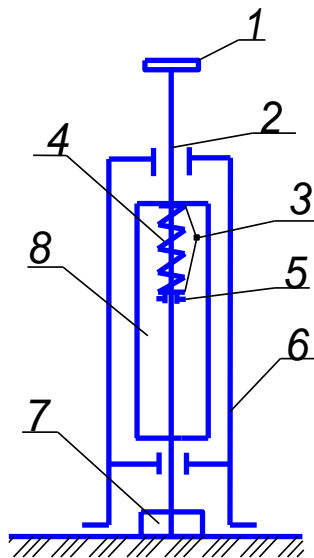


Рис. 1. Схема твердомера почвы:

- 1 - рукоятка; 2 - шток; 3 - карандаш; 4 - пружина; 5 - передаточный механизм;
6 - рамка; 7 - наконечник; 8 - миллиметровая бумага

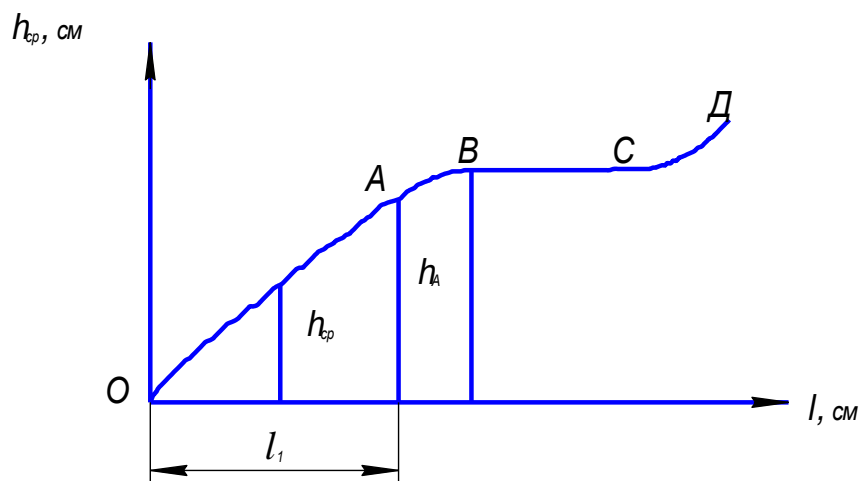


Рис.2. Диаграмма изменения деформации пружины твердомера от глубины погружения цилиндрического наконечника в почву

При воздействии на рукоятку 1 вертикально вниз, усилие через пружину 4 передается наконечнику 7. Характер сопротивления перемещению наконечника в почве воспринимается пружиной и рычагом 5, связанными с карандашом 3 пишущего устройства. При анализе диаграммы (по Г.Н.Синеокову), можно отчетливо выделить три характерные участка, соответствующие различным фазам деформации почвы (рис, 2). Зная величину деформации пружины h и её масштаб q можно найти усилие $P(H)$

$$P = h q.$$

Таким образом, начальная фаза деформации почвы (участок OA) характеризуется почти линейным увеличением силы P от величины внедрения l_1 наконечника в почву.

Признаком второй фазы деформации почвы является затухание нарастания сопротивления почвы при дальнейшем вдавливании в нее наконечника (участок AB). Для этой фазы характерно образование впереди цилиндрического наконечника конусообразного нароста из сильно уплотненной почвы, который, внедряясь в ее нижние горизонты, уплотняет их и расклинивает.

Третья фаза (участок BC) характеризуется увеличением погружения наконечника при постоянной величине P . При достижении наконечником твердого подпахотного горизонта, сопротивление перемещению наконечника

резко возрастает (участок CD).

Используя диаграмму, твердость почвы ρ определяют из формулы

$$\rho = \frac{h_{cp} \cdot q}{S}, \quad (1)$$

где h_{cp} - величина средней ординаты диаграммы твердости, см;

q - масштаб пружины, Н/см;

S - площадь поперечного сечения наконечника, см.

Среднюю ординату определяют из выражения:

$$h_{cp} = \frac{F}{l_1}, \quad (2)$$

где F - площадь фигуры OAE (рис. 2),

l_1 - длина диаграммы, см.

На основании формул (1) и (2) можем записать:

$$\rho = \frac{F \cdot q}{S \cdot l_1}. \quad (3)$$

Так как на участке OA диаграммы существует близкая к линейной зависимость между усилием вдавливания наконечника P и его погружением в почву l_1 , а S - const, то это усилие может быть принято как пропорциональное объему вытесненной почвы, т.е.

$$P = k(l_1, S) = kV.$$

Исходя из этого, академик В.А. Желиговский предложил, принять для характеристики почвы коэффициент объемного смятия, Н/см³ :

$$k = \frac{P}{V} = \frac{h_A \cdot q}{S \cdot l_1}.$$

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Изучить устройство твердомера и планиметра ПП-2к (МИИЗ). Определить твердость и коэффициент объемного смятия почвы.

2.2 Оборудование и приборы. Твердомер почвы, планиметр ПП-2к (МИИЗ), миллиметровая бумага, почва.

2.3 Определение площади планиметром. Площади фигур на плане, ограниченном замкнутыми криволинейными контурами, удобнее всего определять механическим путем при помощи планиметра.

Полярный планиметр ПП-2к (МИИЗ) (рис.3) имеет два рычага: полюсный 2 и обводной 4. На одном конце полюсного рычага имеется груз-полюс 3 в виде цилиндра с тонкой иглой, при помощи которой он неподвижно укрепляется на бумаге. Другой конец полюсного рычага снабжен шаровым накопечником 1, который вкладывается в шарообразное углубление 6 основного счетного механизма обводного рычага, и таким образом, рычаги соединены между собой на время работы. На обводном рычаге имеется основной и дополнительный счетные механизмы, которые можно передвигать вдоль рычага. Один конец свободно заканчивается обводным стеклом 5 с целиком-точкой. На другом конце рычага ввернут ограничительный винт. Самая существенная часть планиметра - счетные механизмы, которые состоят из горизонтального циферблата М, счетного колесика К и верньера И. Счетное колесико надето на горизонтальную ось и вращается в плоскости, перпендикулярной оси свободного рычага.

Горизонтальный циферблат М разделен на десять равных частей и имеет стрелку-указатель. Барабан колесика К разделен по окружности на 100 равных частей. Верньер И разделен на десять равных частей и соприкасается с ободком колесика К так, чтобы колесико не задевало верньера. Верньер дает возможность определить тысячные доли оборота счетного колесика.

Для определения площади какой-либо фигуры полюс полярного рычага ставят вне этой фигуры, а обводным стеклом обводного рычага обводят по контуру площади в ту или другую сторону (желательно по часовой стрелке) до возвращения в начальную точку. Во время обвода изменяются показания на счетных механизмах. Разница в отсчетах будет тем значительнее, чем больше определяемая площадь.

При определении площади фигуры отдельно по основному и дополнительному счетным механизмам берут два отсчета: один до обвода фигуры -

начальный отсчет, другой - после обвода фигуры (после возвращения в начальную точку) - конечный отсчет. Средняя разность конечного отсчета и начального на основном и дополнительном механизмах дает площадь данной фигуры в делениях планиметра.

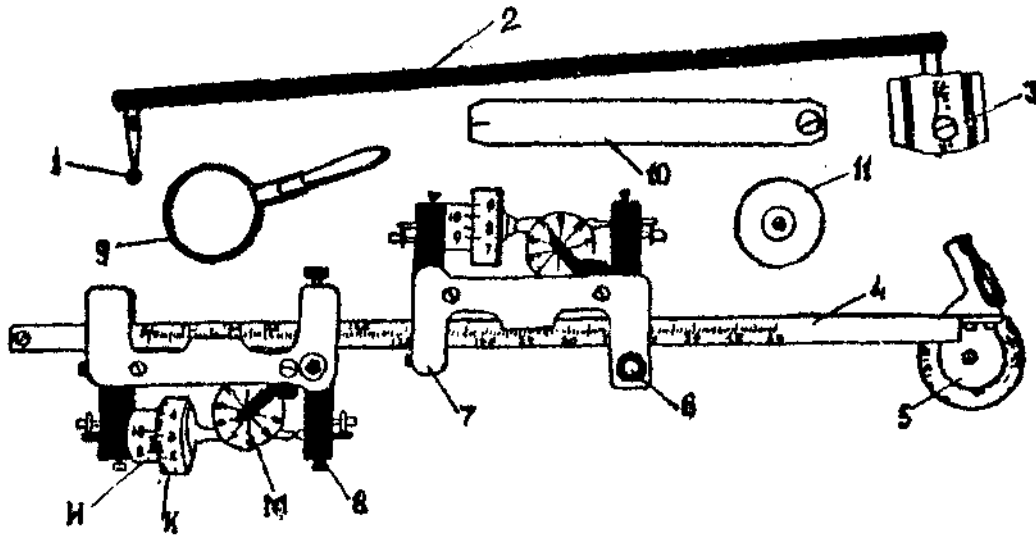


Рис.3. Полярный планиметр (двойной) МИИЗ:

1 - шаровой наконечник; 2 - полюсный рычаг; 3 - груз-полюс; 4 - обводной рычаг; 5-обводное стекло с целиком-точкой; 6 - шарообразное углубление; 7 - основной счетный механизм; 8 - дополнительный счетный механизм; 9 - лупа; 10 - контрольная линейка; 11 - котировочный кружок; И - горизонтальный циферблат; К - счетное колесико; И - верньер.

Порядок записи отсчетов со счетных механизмов (рис.4) следующий. Полный отсчет выражается четырехзначным числом.

1. Первая цифра берется с горизонтального циферблата М по указателю меньшая. Например, если к указателю подошла цифра 1, а с другой - 2, то следует записать 1.

2. Вторая и третья цифры берутся со счетного колесика К. Сначала нужно заметить, какие деления вертикального колесика разместились около нуля верньера И, например, 5 и 6. Опять записывается меньшая цифра, т.е. 5; она же будет ниже нуля верньера. Третья цифра определяется числом маленьких целых делений вертикального колесика, помещенных между только

что взятой цифрой 5 и нулевым штрихом верньера. На приведенном рисунке два деления.

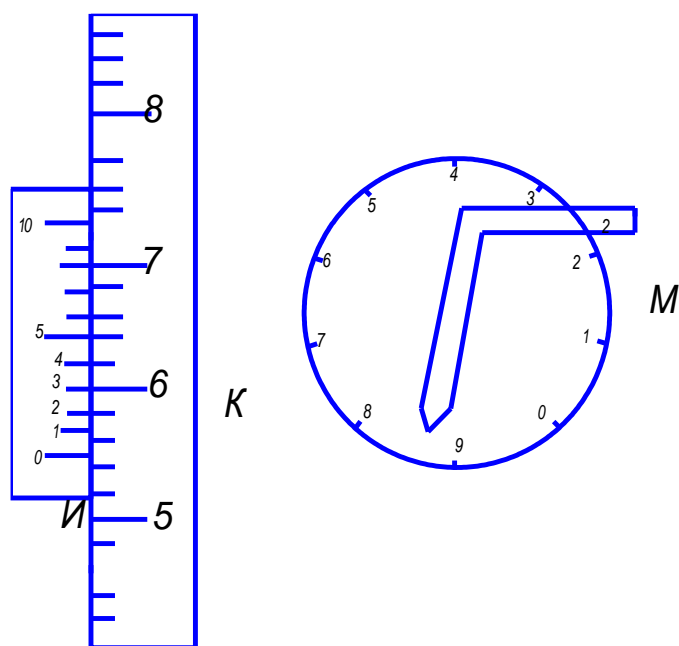


Рис.4. Отсчет по планиметру (8525)

3. Четвертая цифра берется с верньера И. Записывается номер штриха, который наиболее точно совпадает с каким-либо делением счетного колесика К. На рисунке 4 наиболее точно совпадает пятый штрих верньера.

Таким образом, полный отсчет равен 8525. Ввиду того, что планиметр дает площади участков не в единицах площади, а в делениях планиметра, то необходимо узнать, какая площадь (в квадратных миллиметрах или других единицах) соответствует одному делению планиметра, т.е. нужно знать цену деления планиметра в данном масштабе.

Счетные механизмы могут перемещаться по обводному рычагу. Если основной счетный механизм передвинуть на обводном рычаге, то длина обводного рычага изменится, а следовательно, и изменится цена деления планиметра (от перемещения дополнительного механизма на обводном рычаге цена деления планиметра не изменится). Поэтому каждый раз перед началом работы необходимо определить "масштаб планиметра", т.е. цену деления.

Цена деления планиметра - это число единиц площади (кв.км, кв.см),

которое соответствует одному наименьшему делению планиметра. Цена деления планиметра прямопропорциональна длине обводного рычага и обратнопропорциональна применяемому масштабу. Для определения цены деления планиметра обводят фигуру, площадь которой уже известна, например, 10-сантиметровый квадрат.

Цену деления можно определить и с помощью контрольной линейки. Для этого вместо обводного стекла 5 (рис.3) устанавливают котировочный кружок 11. Шаровой наконечник 1 полюсного рычага помещают в шаровое углубление 6 обводного рычага. Иглу юстировочного кружка помещают в углубление контрольной линейки, второй конец которой закрепляется иглой на бумаге. При этом положении планиметра делают начальный отсчет по основному и дополнительному счетным механизмам и записывают.

Затем, аккуратно взяв рукой, хомутик обводного рычага, обводят круг по часовой стрелке. Вернувшись в исходную точку, берут отсчет по счетным механизмам и записывают под соответствующими начальными значениями. Вычитая из конечного отсчета начальный, получают площадь круга (квадрата) в делениях планиметра.

Для контроля работы обвод нужно повторить дважды с записью начального и конечного отсчетов. По двум показателям механизмов находим среднюю разность. Путем деления площади (10000 мм^2) на число делений Планиметра находят цену деления планиметра.

Примечание:

1. Расхождение между результатами двух обводов не должно превышать 0,5 % среднего значения площади в делениях планиметра.
2. Во время обвода угол между рычагами должен быть близок к прямому, для чего следует предварительно обвести фигуру планиметром и убедиться в соблюдении этого условия.

2.4 Определение твердости почвы. Подготовить твердомер к работе. Для чего заправить миллиметровую бумагу и проверить наличие карандаша. Получить при помощи прибора диаграмму твердости песчаной почвы (рис.2) и

найти площадь F фигуры OAE при помощи планиметра. Из выражения (2) определить среднюю ординату диаграммы твердости. Зная масштаб пружины (задается преподавателем), из выражения (3) найти твердость почвы.

2.5 Определение коэффициента объемного смятия почвы. Сняв необходимые характеристики (h_A и l_1) из ранее полученной диаграммы из выражения (4), найти коэффициент объемного смятия почвы.

Опытные данные занести в таблицу.

Таблица

Результаты опытных данных

Тип почвы	h_{cp} , см	q , Н/см	S , см ²	F , см ²	l_1 , см	H_A , см	ρ , Н/см ²	k , Н/см ³

Отчет по работе

1. Плотномерную диаграмму, необходимые формулы и результаты расчетов (таблица) представляет каждый студент. -

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость почвы и как она определяется?
2. Устройство твердомера и порядок снятия диаграммы.
3. Устройство и порядок определения площадей фигур планиметром?
4. Как определить коэффициент объемного смятия почвы?

Лабораторная работа 4

СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА ПЛУГА

1 Теоретическая часть

Лемешно-отвальные корпуса являются главными рабочими органами плугов, предназначенных для основной обработки почвы - вспашки. Кроме того, лемешно-отвальные рабочие поверхности применяются в луцильниках, окучниках, бороздоделателях и каналокопателях. Корпуса плугов и луцильников несимметричны, корпуса плужных каналокопателей, бороздоделателей и культиваторов-окучников - симметричные рабочие органы.

Лемех подрезает пласт снизу и вместе с отвалом отделяет его сбоку (от стенки борозды). Перемещаясь по рабочей поверхности, пласт крошится и оборачивается. Качество обработки почвы зависит от типа отвала, механического состава, задернелости и влажности почвы.

Большинство отечественных отвалов относятся к группе отвалов с горизонтальными образующими. Рабочая поверхность такого отвала может быть построена перемещением прямолинейной образующей параллельно дну борозды (рис.1) по некоторой направляющей кривой CD , расположенной в вертикальной плоскости $CODE$, перпендикулярной лезвию лемеха AB . Касательная к направляющей кривой CD , проведенная через лезвие лемеха (точку C), в плоскости $CODE$, образует с дном борозды угол ε_0 , характеризующий установку лемеха к дну борозды.

При движении образующей mn по направляющей кривой без изменения угла γ между образующей и стенкой борозды в горизонтальной плоскости получается поверхность, называемая цилиндрической. Поверхность, у которой угол γ между образующей и плоскостью стенки борозды изменяется в зависимости от высоты расположения над плоскостью дна борозды Z , носит название цилиндроида.

В результате экспериментальных исследований доказано, что для обораживания пласта необходимо увеличить угол наклона образующих к стенке борозды в верхней части отвала по сравнению с нижней его частью (рис.2). Обораживающую способность отвала характеризуют разностью углов:

$$\gamma_{\max} - \gamma_0,$$

где γ_{\max} - угол наклона верхней образующей к стенке борозды;

γ_0 - угол наклона образующей, расположенной в плоскости дна борозды.

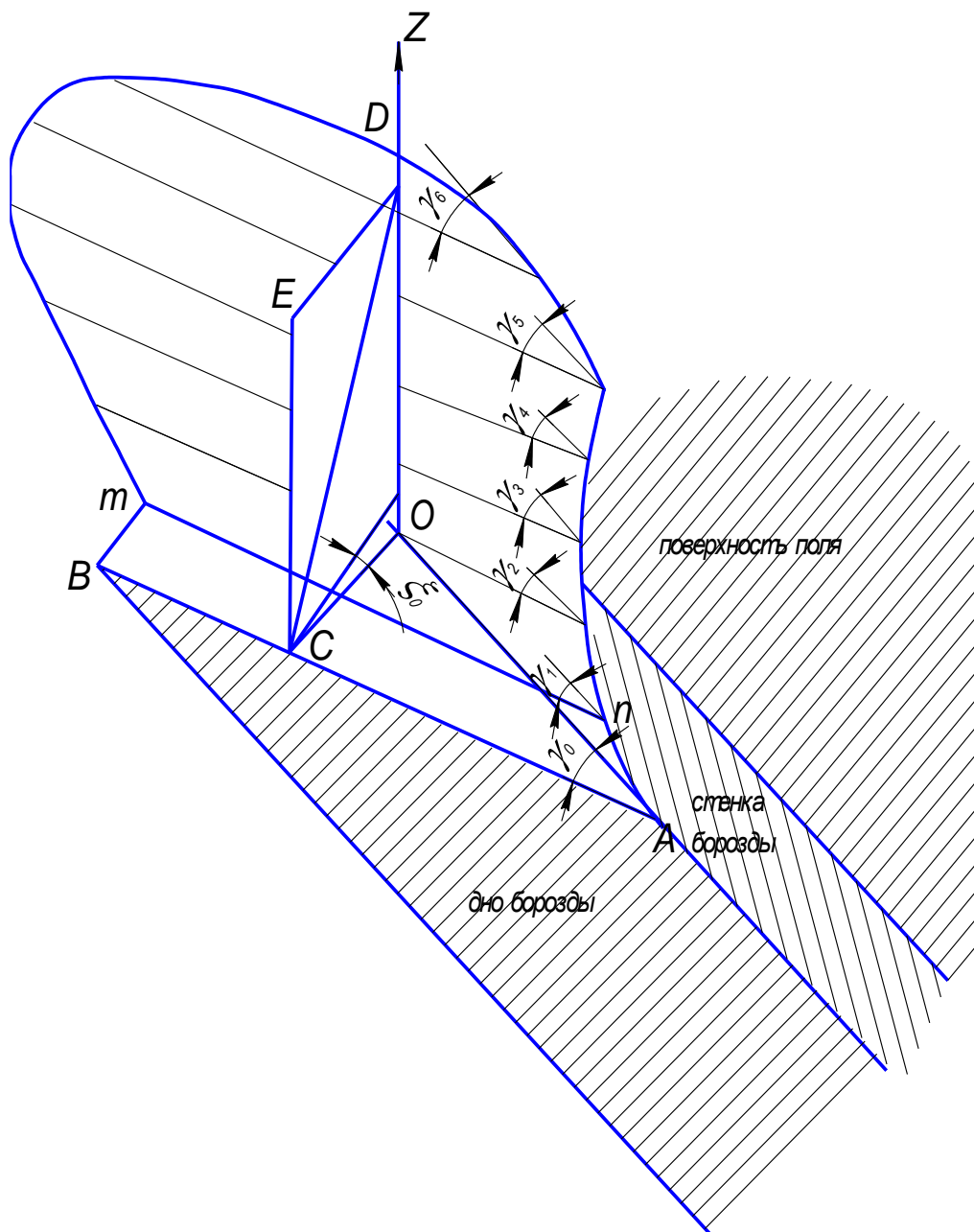


Рис. 1. Рабочая поверхность отвала от неё до соответствующих крайних точек по образующим

Однако при непрерывном возрастании угла γ от γ_0 до γ_{\max} наблюдается задираание верхней части отвального пласта бороздным обрезом отвала.

В связи с этим угол γ сначала уменьшается до величины γ_{\min} . Наименьший угол наклона образующийся к стенке борозды обычно расположен на высоте 50... 100 мм от дна борозды. Затем угол увеличивается до значения γ_{\max} .

Все отвалы с горизонтальными образующими принято делить на четыре группы: цилиндрические, культурные, полувинтовые и скоростные, которые характеризуются углами (табл.1).

Таблица 1

Характеристика лемешно-отвальных поверхностей

Тип отвала	Значение углов			
	γ_0	ε_0	$\gamma_{\max} - \gamma_0$	$\gamma_0 - \gamma_{\min}$
Цилиндрический	45-55	30-35	0	-
Культурный	40-45	25-30	2-7	1-2
Полувинтовой	37-40	20-25	7-15	2-4
Скоростной	38	27	5-7	1-2

Проекция лемешно-отвальной поверхности представлены на рисунке2. Рассекая корпус поперечно-вертикальными плоскостями (A_1, A_2, A_3) мы можем на лобовой проекции получить кривые, характеризующие изменения углов β этой плоскости. Сечение корпуса продольно-вертикальными плоскостями (B_1, B_2, B_3) дает возможность на профильной проекции определить углы α .

Если рассечь корпус плоскостями, перпендикулярными лезвию лемеха, то в сечении получим шаблоны, служащие для контроля формы лемешно-отвальной поверхности. При изготовлении отвально-лемешной поверхности необходимо иметь развёртку на плоскости. Строят её на выпрямленной направляющей кривой.

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Определить основные параметры лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга и составить его характеристику.

Построить направляющую кривую, развертку, шаблоны.

2.2 Оборудование. Профилограф, корпус плуга, угольник, линейка, транспортер.

2.3 Устройство профилографа. Профилограф (рис.3) позволяет непосредственно по плужному корпусу построить в натуральную величину различные профильные кривые и контур его рабочей поверхности в трех проекциях.

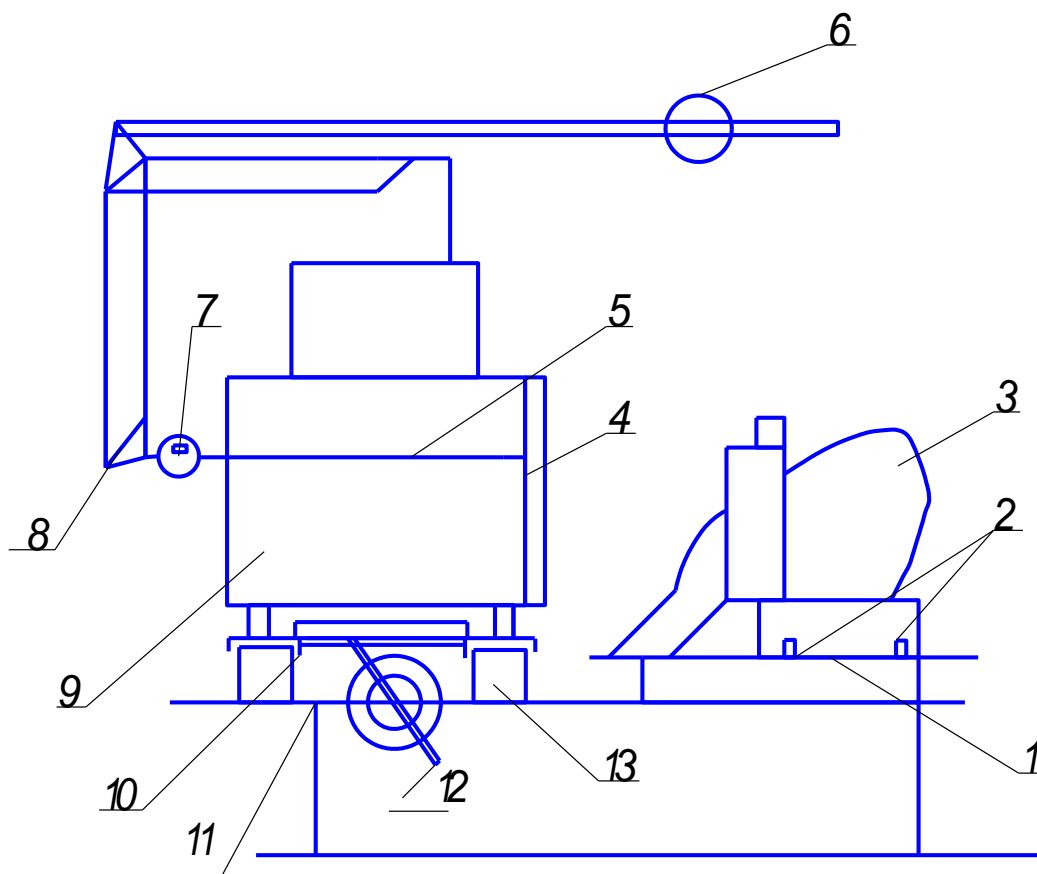


Рис.3. Схема профилографа:

- 1 - стол; 2 - ограничитель; 3 - корпус плуга; 4 - ограничитель иглы;
 5 - игла; 6 - противовес; 7 - карандаш-самописец; 8 параллелограммный
 механизм; 9 - подвижная доска; 10 - мерная линейка; 11 - указатель;
 12 - рукоятка

Профилограф состоит из подвижной доски 9, на которой наклеен декоративный пластик, К стойкам стола прикреплены два параллелограммных четырехзвенных механизма 8 с иглой 5 и карандашом - самописцем 7. Подвижная доска 9 с помощью винта, гайки и рукоятки 12 может перемещаться по двум направляющим 13. На левой направляющей прикреплена мерная линейка 10. Справа от подвижной доски установлена плита-стол 1, на которой шарнирно закреплен корпус плуга.

Если иглу 5 параллелограммного механизма завести в паз ограничителя 4 и ее острие подвести к рабочей поверхности корпуса и прочертить им линию, то карандаш-самописец 7 оставит на подвижной доске 9 след, повторяющий линию, которую прочертит игла на корпусе. Начало и конец этой линии будут являться точками, принадлежащими контуру поверхности.

При пользовании профилографом необходимо следить за тем, чтобы игла в момент вычерчивания кривой все время двигалась по поверхности корпуса, а четырехзвенный параллелограммный механизм с карандашом плотно касался вертикальной подвижной доски 9.

2.4 Порядок выполнения работы.

2.4.1 Определить параметры рабочей поверхности:

- а) значение углов $\gamma_0, \gamma_{\min}, \gamma_{\max}$;
- б) тип отвала (по таблице 1);
- в) ширину захвата корпуса w ;
- г) длину лезвия лемеха l
- д) высоту расположения верхней точки C полевого обреза H ;
- е) высоту расположения верхней точки d отвала H_{\max} ;
- ж) для заданной преподавателем точки на корпусе определить углы α, β, γ .

2.4.2 Построить направляющую кривую. Для этого:

- а) на горизонтальной проекции спрофилированного отвала (рис.4 а) провести направляющую кривую на расстоянии $2/3$ длины лезвия от носка лемеха для культурного отвала или через пятку лезвия лемеха для полувин-

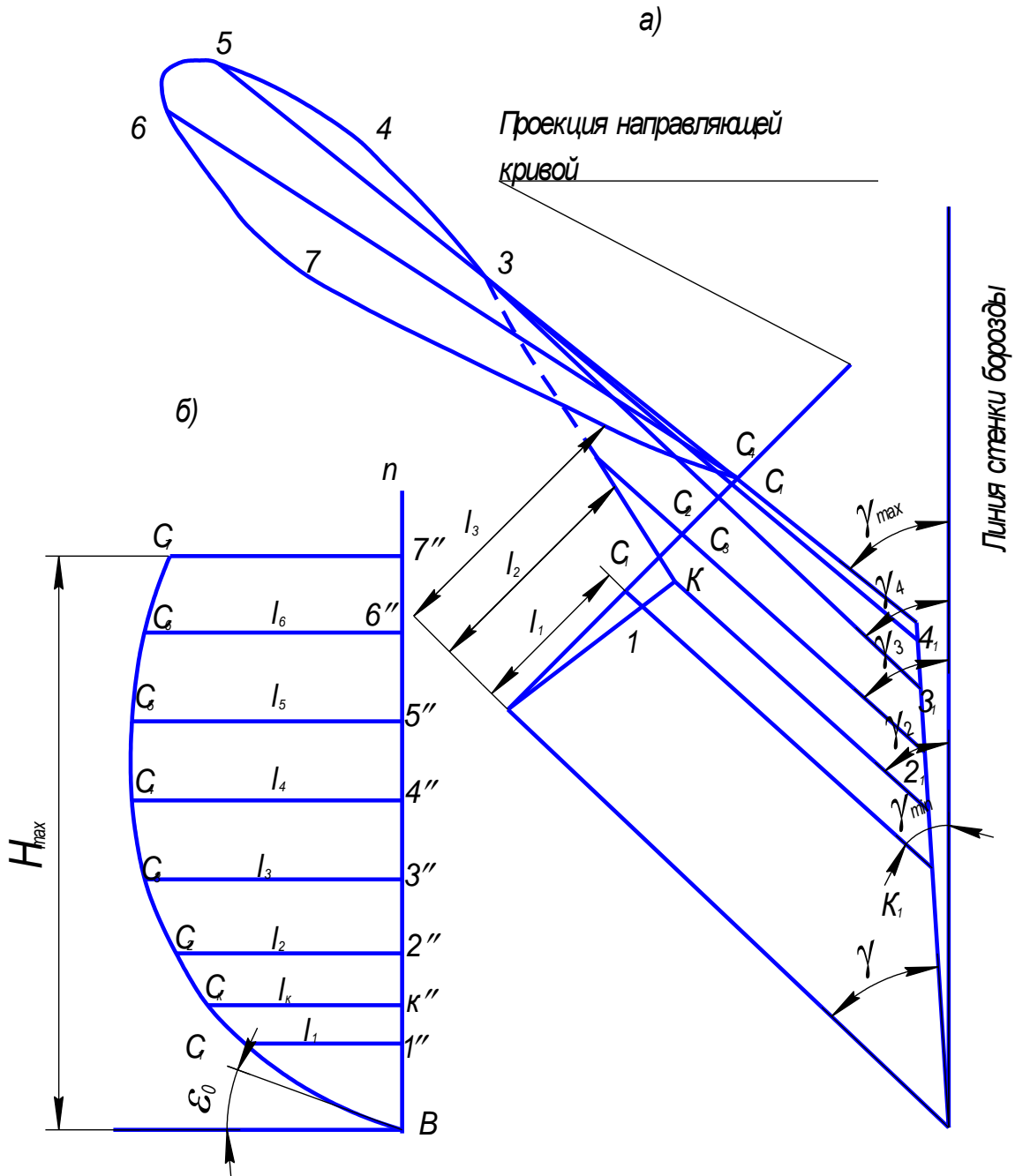


Рис.4. Построение направляющей кривой

а) горизонтальная проекция отвала;

б) направляющая кривая.

2.4.3 Построить развертку лемешно-отвальной поверхности. На листе бумаги 700x600 мм сделать следующее:

а) на направляющей кривой (рис.4 б) замеряем циркулем участки (BC_1 ; $C_1 C_2$; $C_2 C_3 \dots C_6 C_7$) и посередине листа, начиная снизу, по вертикали откладываем эти отрезки один над другим.

б) через точки B ; C_1 ; $C_2...C_7$ проводим горизонтальные прямые.

в) на соответствующих образующих замеряем расстояние от точек B ; C_1 ; $C_2...C_7$ влево и вправо (отрезки C_22 ; C_33 ; C_44 ; ... C_77 и OO_1 ; $C_1 l_1$; $C_x l_2... C_7 l_7$) и откладываем на горизонталях развертки.

г) линию стыка лемеха с отвалом выделить самостоятельно и аналогично отложить её точки на развёртке.

д) соединяем точки плавной кривой.

Полученный контур и есть развертка, по которой вырезаются заготовки для изготовления отвала и лемеха.

2.4.4 Построить на листе с разверткой шаблоны. Место шаблона указывает преподаватель. Шаблон служит для контроля готовой лемешно-отвальной поверхности.

Построение шаблона аналогично построению направляющей кривой, (направляющая кривая одновременно является и шаблоном).

Отчет по работе

Каждый студент предъявляет таблицу 2 с опытными данными, направляющую кривую, развертку отвально-лемешной поверхности, шаблоны.

Контрольные вопросы

1. Какие виды лемешно-отвальной поверхности Вы знаете, их краткая характеристика?
2. Как определить углы α , β , γ , ε и какую роль они играют в технологическом процессе вспашки?
3. Как определить угол установки лемеха к дну борозды?
4. Как построить направляющую кривую, развертку лемешно-отвальной поверхности, шаблоны?

Лабораторная работа 5

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГЛУБЛЕНИЯ И ПЕРЕВОДА В ТРАНСПОРТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ НАВЕСНОГО ПЛУГА

1 Теоретическая часть

Для навески сельскохозяйственных машин и орудий и управления ими во время работы тракторы оборудуются навесными системами, состоящими из гидравлического устройства (насос, силовые гидроцилиндры), механизмов управления и навески.

Навесная гидросистема трактора состоит из трех механизмов (рис.1). Механизм навески $OMBAO$ включает 4 звена OM , BM , BA и AO . Механизм подъёма OFB_1AO имеет звенья - OF , B_1F , AB и AO . Механизм гидроцилиндра OC_1CAO звенья OC_1 , C_1C , AC и AO . Причём звено OC_1 в зависимости от положения поршня меняется по длине. Размеры звеньев механизма навески оказывают существенное влияние на процессы заглабления и перевода плуга в транспортное положение.

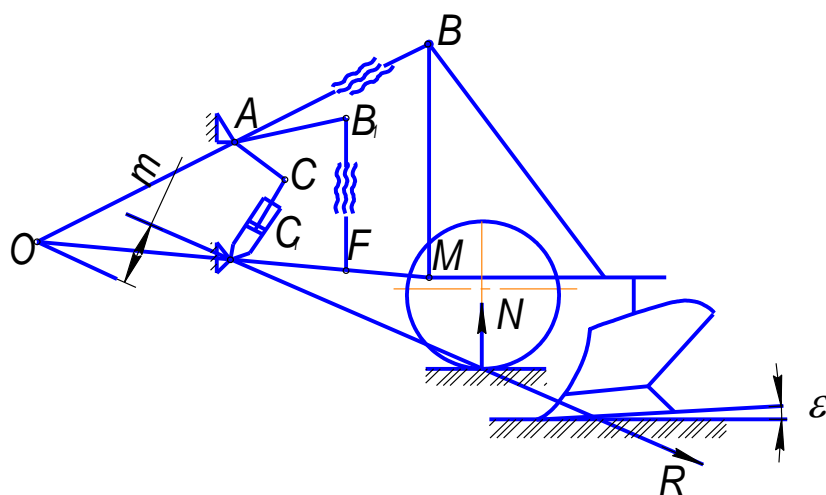


Рис.1. Схема заглабления и перевода в транспортное положение навесного плуга

Известно, что механизм навески характеризуется следующими кинематическими показателями:

1. Ход оси подвески M по вертикали.
2. Расположение мгновенного центра вращения O_1 механизма навески.

Нетрудно заметить, что чем больше ход оси подвески, тем больше будет транспортный просвет плуга, а, следовательно, возможность преодолевать неровности рельефа местности. Однако с увеличением хода оси M возрастает время подъема и опускания плуга, что снижает производительность агрегата. У современных тракторов транспортный просвет находится в пределах 250...300 мм.

1.1 Процесс заглабления плуга. Если результирующую всех сил, действующих на плуг в продольно-вертикальной плоскости, обозначить через R (рис.1), а плечо результирующей относительно полюса O_1 (мгновенный центр вращения звена BM) через m , то момент, способствующий заглаблению, будет равен

$$P=Rm. \quad (1)$$

Заглабление будет происходить только в том случае, если $m>0$. При $m=0$ орудие потеряет способность к заглаблению. Для ограничения заглабления плуга используют опорные колеса.

Установлено, что в начале заглабления опорная плоскость корпуса плуга должна быть наклонена к поверхности поля под углом $\varepsilon_0=4^\circ \dots 8^\circ$. В процессе заглабления этот угол уменьшается и на заданной глубине становится $\varepsilon=1^\circ$ (рис.1). Такое расположение опорной плоскости корпуса плуга в начале и в конце заглабления может быть обеспечено лишь в том случае, если мгновенный центр вращения O_1 звена BM будет впереди оси M . Это возможно только при вполне определенной длине звена BM . Длина пути заглабления плуга может быть вычислена по формуле Г.Н.Синеокова:

$$L = a \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{\varepsilon + \varepsilon_0}{2} \right), \quad (2)$$

где a - глубина пахоты, м.

1.2 Процесс перевода плуга в транспортное положение. Перевод в транспортное положение плуга осуществляется с помощью гидросистемы.

При нагнетании масла в поршневую полость шток гидроцилиндра будет выдвигаться с некоторой скоростью V_T . Без учета утечек и расширения трубопроводов эту скорость определяют из выражения

$$V_T = \frac{4Q \cdot \eta_H}{\pi \cdot d^2}, \quad (3)$$

где Q - производительность насоса, м³/с;

η_H - объемный коэффициент полезного действия насоса;

d - диаметр поршня, м.

Действительную скорость подъема плуга находят из выражении

$$V_\partial = \frac{l_{ш}}{t_n}, \quad (4)$$

где V_∂ - скорость подъема плуга, м/с;

$l_{ш}$ - ход штока цилиндра, м;

t_n - время подъема плуга, с.

Для создания давления, необходимого для перевода плуга в транспортное положение, насос гидросистемы потребляет мощность, кВт:

$$N = \frac{Q \cdot P}{\eta \cdot 10^3}, \quad (5)$$

где Q - производительность насоса, м³/с;

P - давление в гидросистеме, н/м²

η - механический к.п.д. насоса 0,85 - 0,9.

По опытным данным давление в гидросистеме плуга при его подъеме примерно на 25 % больше, чем в случае, когда он зафиксирован в поднятом положении. Если выглубление плуга осуществлять при остановленном агрегате, то давление в гидросистеме на 10... 15% больше, чем при подъеме в движении. Усилие S в штоке гидроцилиндра может быть вычислено по формуле

$$S = P F_n, \quad (6)$$

где P - давление в гидросистеме, н/м²;

F_n - площадь поршня, м².

В инженерной практике проектирования сельскохозяйственных машин

часто возникает необходимость ориентировочно определить величину силы, действующей в том или ином звене механизма. Одним из широко распространенных методов определения усилий в звеньях является графоаналитический метод, основанный на применении теоремы Н.Е.Жуковского. Используя этот метод, можно найти усилие в штоке поршня силового гидроцилиндра навески при транспортном положении.

2 Практическая часть

2. 1 Содержание работы. На лабораторном стенде изучить процесс регулировки механизма навески и перевода плуга в транспортное положение.

Замерить давление масла в гидросистеме при подъеме плуга. Подсчитать потребную мощность на привод насоса и усилие в штоке гидроцилиндра.

2. 2 Оборудование и приборы. Лабораторный стенд, секундомер, циркуль, угольник, отвес, рулетка, транспортер.

2. 3 Порядок выполнения работы.

2.3.1 Определение размаха колебания y . плуга в горизонтальной плоскости в транспортном положении.

При работающем насосе гидросистемы стенда поставить рычаг гидрораспределителя в положение "подъем" и поднять плуг в транспортное положение. Закрепить отвес в точке M плуга и, сдвигая его (плуг) влево и вправо до отказа, замерить размах колебаний y . Он не должен превышать 20 мм.

2.3.2 Определение хода l_M оси M подвески по вертикали и транспортно-го просвета h_{TP} плуга.

Для определения l_M необходимо замерить высоту расположения оси M от дна борозды в рабочем и транспортном положении плуга. Тогда получим

$$l_M = l_{TP} - l_{раб}, \quad (7)$$

где l_{TP} и $l_{раб}$ - соответственно расстояние до точки M в транспортном и рабочем положениях плуга.

Замерив, расстояние между нижней точкой плуга и поверхностью поля,

найдем h_{TP} .

По результатам определения l_M и h_{TP} проверить условие-

$$l_M = a_{max} + h_{TP} + (18...20)\text{см}, \quad (8)$$

где $a_{max} = 27$ см - максимальная глубина пахоты.

2.3.3 Определение скорости подъема плуга

Задав $Q = 0,00077$ м³/с; $\eta_H = 0,9$; $d = 0,1$ м, из выражения (3) найти теоретическую скорость подъема плуга. Замерив время t_n подъема плуга из рабочего положения в транспортное и, зная, что $l_{ш} = l'_{ш} - l''_{ш}$ где $l'_{ш}$ $l''_{ш}$ - расстояние от крышки силового цилиндра до ограничителя хода на штоке в транспортном и рабочем положении машины, из выражения (4) найдем действительную скорость и сравним значение выражения 3 и 4.

2.3.4 Определение усилия в штоке силового гидроцилиндра. Замерив по манометру давление P в нагнетательной полости гидроцилиндра в момент начала и конца подъема плуга, из выражения (5) найти мощность, развиваемую насосом, а из формулы (6) - усилие в штоке. Вычертить в масштабе 1:10 схему плуга и навески в транспортном положении, как показано на рис. 2.

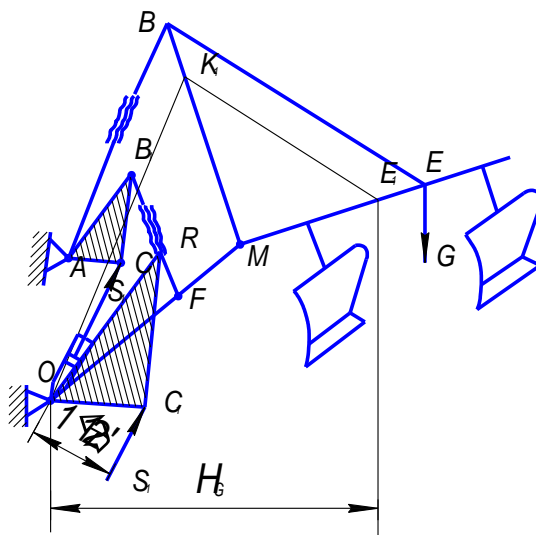


Рис.2.Схема заглубления и перевода в транспортное положение навесного плуга

Для определения графоаналитическим способом усилия S_1 возникающего в штоке гидроцилиндра, приложим в центре тяжести (задается преподавателем) массу орудия, равную $G = 400$ кг. Построим план скоростей данного механизма, выбрав за полюс точку 0 и найдем скорости точек E и C приложения сил G и S_1 .

Так как центр тяжести плуга принадлежит звену BM , то проведя $OK_1 \parallel AB$ до пересечения со звеном BM , получим план скоростей $K_1 M$ звена BM . Построив на этом плане $\Delta K_1 ME_1 \sim \Delta BME$, найдем точку E определяющую в плане скорость точки E . Далее находим в плане скоростей точку C_1 , изображающую одноименную точку C механизма, для этого необходимо построить $\Delta OKC_1 \sim \Delta AB_1 C$. Перенеся S_1 и G в точки C_1 и E_1 плана скоростей, составив уравнение $G/H_G = S_1/H_S$,

откуда

$$S_1 = \frac{H_G}{H_S} \cdot G, \quad (9)$$

2.3.5 По формуле (2) определить длину пути углубления при $\varepsilon = 1^\circ$, $\varepsilon_0 = 6^\circ$, $a = 25 \text{ см}$ (преподаватель может изменить исходные данные для звеньев).

Отчет по работе

Отчет по лабораторной работе составляется каждым студентом с обязательным приложением схемы (рис.2) и расчетов по формулам (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) сведенным в таблицу.

Таблица

Характеристики навески плуга

Метод определения	Параметры						
	y , мм	h_{TP} , мм	V_∂ , м/с	V_T , м/с	S_1 , Н	l_M , мм	L , м
Теоретический							
Экспериментальный							

Контрольные вопросы

1. Перечислить кинематические показатели механизма навески плуга.
2. Что такое заглубляющий момент плуга?
3. В чем сущность графоаналитического метода Н.К.Жуковского по определению усилий в звеньях механизмов?
4. Что такое длина пути заглубления, и её влияние на технологию вспашки?
5. Чем отличаются 2-х-точечная от 3-х-точечной схемы навески, и где они применяются?

Лабораторная работа 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБЪЁМА ВЫСЕВАЮЩЕЙ КАТУШКИ

1 Теоретическая часть

Для зерновых культур применяют катушечные и штифтово-катушечные высевающие аппараты. Они должны создавать равномерный и непрерывный поток семян, обеспечивать устойчивый высев установленной нормы независимо от скорости движения сеялки, степени наполнения, наклонов, колебаний ящика при передвижении по полю. Сеялка не должна повреждать семена, должна быть универсальна, проста по устройству и иметь надежную и удобную регулировку нормы высева. Образовавшийся в семенном ящике зерновой поток через выходное отверстие в дне ящика заполняет верхнюю полость высевающих аппаратов. Последние изменяют характер движения семян и принудительно передают их равными порциями в семяпроводы.

Семена, поступающие самотеком из ящика в верхнюю полость коробки, движутся в направлении вращения катушки - одна часть семян, заполнивших желобки, перемещается вместе с катушкой, другая - за счет внутреннего трения увлекается катушкой, создавая так называемый активный слой потока C (рис.1). Скорость перемещения семян в активном слое не одинакова и снижается по мере удаления от катушки.

Рабочим объемом высевающего аппарата называют объем семян, который высеивает катушка за один оборот. Рабочий объем V_0 состоит из двух объемов: $V_{жс}$ - объем семян, высеиваемых за один оборот желобками; $V_{акт}$ - объем семян, высеиваемых активным слоем:

$$V_0 = V_{жс} + V_{акт}, \quad (1)$$

Если известна масса семян, высеиваемых за один оборот катушки и объем желобков катушки, переводя массу (через объемную массу) в объем, можно определить $V_{акт}$:

$$V_{акт} = V_0 - V_{жс}, \quad (2)$$

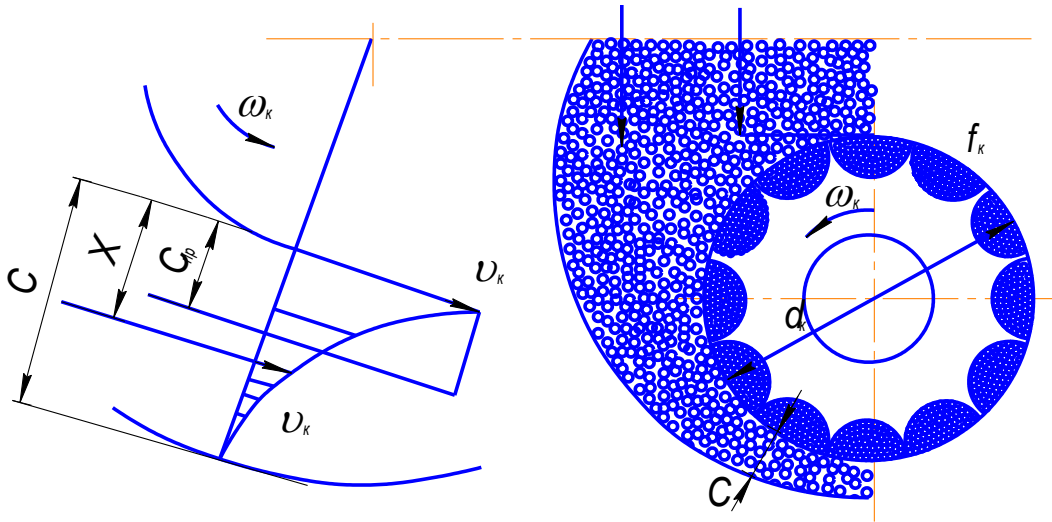


Рис. 1. Схема работы катушечного высевяющего аппарата

Толщина активного слоя C - расстояние от катушки до доньшка высевяющего аппарата не удобна для расчетов объема $V_{акт}$. Поэтому пользуются приведенной толщиной активного слоя $C_{пр}$ (рис.1), которым высевается поток семян с постоянной скоростью, равной линейной скорости $V_{акт}$ на её наружном диаметре d_k и шириной, равной рабочей длине катушки

Приведенная толщина активного слоя зависит от размеров семян, их механического состава, коэффициента трения, от l_p и $V_{акт}$. По экспериментальным данным для крупносеменных культур (соя, кукуруза, пшеница, овёс, ячмень) приведённую толщину можно определить по формуле:

$$C_{пр} = -\frac{d_k}{2} \pm \sqrt{\frac{d_k^2}{4} + \frac{V_{акт}}{\pi \cdot l_p}}. \quad (3)$$

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Практическое определение рабочего объема катушки высевяющего аппарата, толщины активного слоя в зависимости от длины рабочей части катушки и математическая обработка данных.

2.2 Оборудование и приборы. Лабораторная установка; технические весы и разновесы; стеклянная банка с водой; штатив с кронштейном и нитью; катушка высевающего аппарата; пластилин; секундомер; литровая пурка.

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Определение объема желобков катушки. Объем желобков катушки можно определить различными способами. Мы определим его, используя следствие закона Архимеда. Для этого вычислим объем цилиндра с диаметром d_k (рис.2) по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \cdot l_k, \text{ см}^3, \quad (4)$$

где l_k - полная длина катушки.

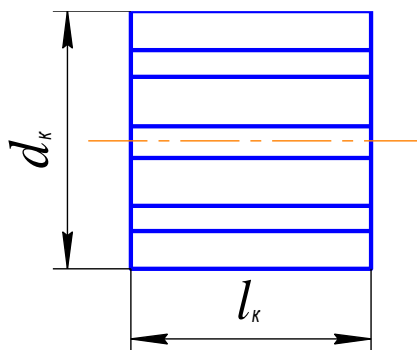


Рис. 2. Катушка высевающего аппарата

Определим действительный объем катушки с учетом желобков. На чашку технических весов установить сосуд с водой и определить его массу G_1 .

Катушку подвешивают на тонкой нити к штативу и опускают в сосуд с водой, находящийся на весах. При этом катушка должна быть полностью погружена в воду, не должна касаться дна и стенок сосуда. Затем сосуд с водой и катушкой взвешивают и получают массу G_2 . Объем катушки равен

$$V_1 = \frac{G_2 - G_1}{\gamma_в}, \quad (5)$$

где $\gamma_в$ - объемная масса воды, ($\gamma_в=0,998$ г/см при температуре 20...22°C).

Тогда полный объем желобков катушки $V_{жк}$ определится по формуле:

$$V_{жк} = V - V_1, \quad (6)$$

2.3.2 Определение объемной массы семян.

Масса одного литра семян, или натура, определяется с помощью литровой пурки (рис.3).

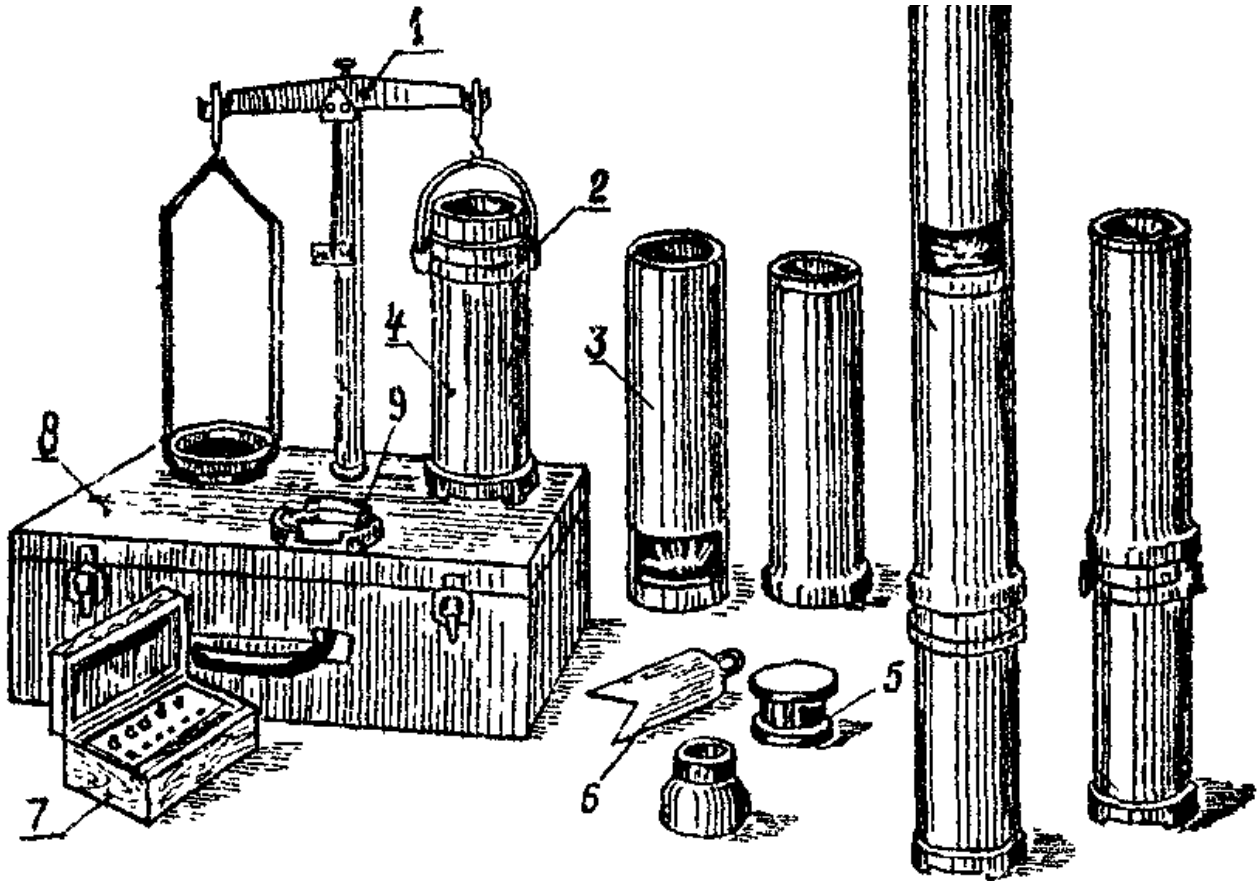


Рис.3. Литровая пурка с падающим грузом:

- 1 - коромысло весов; 2 - щель в мернике; 3 - цилиндр-наполнитель;
 4 - мерник; 5 - падающий груз; 6 - нож; 7 - разновес; 8 - ящик;
 - гнездо для укрепления мерника

Работа с пуркой начинается с выверки весового аппарата. Мерник 4 с грузом 5, подвешенным к коромыслу весов, должен уравниваться второй чашкой весов. Добившись равновесия, снимают мерник, вынимают груз 5 и устанавливают мерник в гнездо 9 на ящике. В щель мерника вдвигают нож. На нож кладут груз 5. Сверху мерника устанавливают наполнитель, а на него еще один цилиндр, который предварительно заполняют зерном. После этого легким нажимом на рычажок замка открывают заслонку насыпного ци-

линдра, а когда все зерно пересыпается в наполнитель, вынимают нож из щели мерника. Груз, падая вместе с зерном, вытесняет из мерника воздух через отверстия в его дне.

Вдвинув быстрым движением, нож обратно в щель, снимают сначала насыпной цилиндр, затем мерник с наполнителем и высыпают излишки зерна, оставшиеся сверху ножа. Вынув нож из щели мерника, взвешивают мерник с зерном с точностью до 0,5 г. За объемную массу принимается среднее из трех показаний, причем отдельные показания не должны отличаться от средней арифметической более чем на $\pm 2,5$ г для пшеницы, ржи и ячменя, и ± 5 г для овса и сои.

2.3.3 Порядок проведения опытов

Опыты проводятся на лабораторной установке (рис.4), которая состоит из рамы, семенного ящика 1 с высевающими аппаратами 2. Валик высевающих аппаратов 3 приводится во вращение электродвигателем 4 через червячный редуктор и цепную передачу. Валик 6 с лотками 7 служит для направления потока семян, выбрасываемых высевающими аппаратами в сборник 9. Лабораторная установка позволяет выполнять широкий диапазон регулировок режимов работы высевающих аппаратов. Частоту вращения катушки замерыют счетчиком 8.

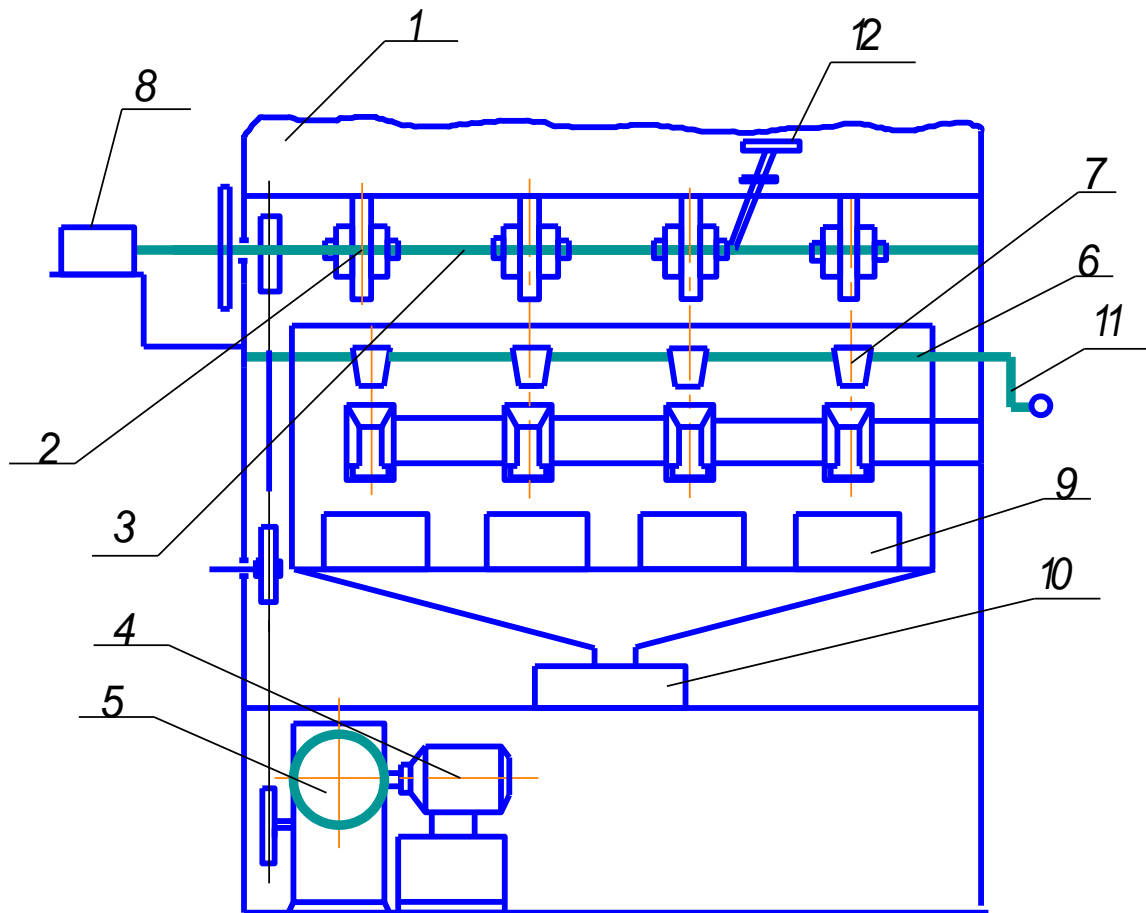


Рис.4. Схема лабораторной установки для изучения работы катушечного высевающего аппарата:

- 1 - семенной ящик; 2 - высевающий аппарат; 3 - вал высевающих аппаратов;
 4 - электродвигатель; 5 - редуктор; 6 - валик лотков; 7 - лотки; 8 - счетчик;
 9, 10 - сборники зерна; 11 - рукоятка; 12 - рычаг регулировки

Все опыты выполняют при постоянной частоте вращения катушки, но при разной длине рабочей части ее ($l_p=15$; $l_p=20$; $l_p=25$ и $l_p=30$). Продолжительность каждого опыта 30 секунд, повторность опытов трехкратная. После каждой повторности опыта взвешивают семена и данные записывают в таблицу .

Результаты опытных данных для определения рабочего объема катушки и
активного слоя

Длина рабочей части катушки, мм	Повторность	Масса семян за 30с, г	Число оборотов вала за повторность опыта	Среднее число оборотов за опыт	Средняя масса семян за опыт, г	Объем семян за один оборот катушки, V_0 , см ³	Объем желобков рабочей части катушки, $V'_{ж}$, см ³	Объем семян активного слоя, $V_{акт}$, см ³	Приведенная толщина слоя семян, $C_{пр}$, мм	Примечание
15	1									
	2									
	3									
20	1									
	2									
	3									
25	1									
	2									
	3									
30	1									
	2									
	3									

2.3.4 Порядок обработки опытных данных.

Опытные данные таблицы обрабатываются в следующей последовательности.

Находят объем желобков рабочей части катушки $V'_{ж}$

$$V'_{ж} = V_{ж} \cdot \frac{l_p}{l_k}, \quad (7)$$

где l_p - рабочая длина катушки;

l_k - полная длина катушки.

Определяют объем семян активного слоя $V_{акт}$. По формуле (3) определяют приведенную толщину слоя семян. Строят графики зависимости V_0 , $V_{акт}$, $C_{пр}$ от длины рабочей части катушки (рис.5).

Определяют уравнение зависимости рабочего объема катушки от длины рабочей части $V_0 = f(l_p)$.

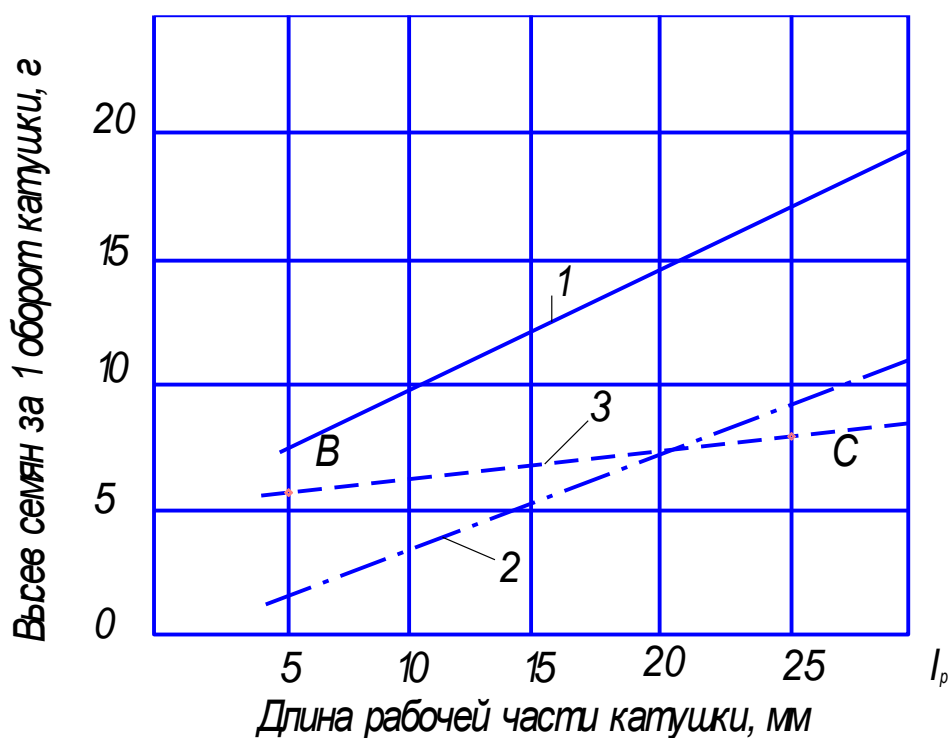


Рис. 4. Зависимость высева семян от длины рабочей части катушки

1 - полный высев; 2 - высев за счет желобков катушки;

3 - высев за счет активного слоя.

Зависимость $V_0 = f(l_p)$ выражается уравнением прямой линии:

$$V_0 = \mu \cdot l_p + A, \quad (8)$$

где A, μ - коэффициенты, характеризующие высев семян активным слоем и величину заполнения желобков;

l_p - длина рабочей части катушки.

Для определения численного значения A и μ пользуются способом натянутой нити (способ выбранных точек), способом средней и т.д. Мы воспользуемся способом натянутой нити. Суть его заключается в следующем. Нанеся экспериментальные значения на миллиметровку, подбирают графически прямую, ближе всего подходящую к полученным точкам.

Выбрав две произвольные точки на этой прямой (необязательно являющимися экспериментальными значениями), определяют их координаты (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) . Тогда для определения коэффициентов A и μ получается два простых уравнения:

$$Y_1 = \mu \cdot X_1 + A,$$

$$Y_2 = \mu \cdot X_2 + A.$$

Решив эти уравнения относительно A и μ , определяют их численное значение и подставляют в уравнение (8). Например, для прямой 3 (рис.5) напишем 2 уравнения:

$$5,3 = A + 5 \mu \text{ - для точки В;}$$

$$7,5 = A + 25 \mu \text{ - для точки С,}$$

где $Y_1=5,3$; $X_1=5$; $Y_2=7,5$; $X_2=25$ - значения координат в точках В и С.

Решив эти уравнения относительно A и μ , и подставив их в уравнение (8) получим:

$$V_0 = 0,11 \cdot l_p + 4,75.$$

Отчет по работе

Каждый студент представляет: таблицу с результатами опытных данных, графики V_0 , $V_{акт}$, $C_{пр}$ от длины рабочей части катушки и расчёт по определению коэффициентов A и μ .

Контрольные вопросы

1. Устройство и регулировки катушечного высевающего аппарата.
2. Определение рабочего объема катушки.
3. Определение объема активного слоя семян.
4. Приведенная толщина активного слоя и порядок ее определения.
5. Определение объема желобков.
6. Определение объемной массы семян.
7. Порядок построения графиков зависимости V_0 , $V_{акт}$, $C_{пр}$ от l_p длины рабочей части катушки.
8. Порядок определения коэффициентов в уравнениях вида: $V_0 = \mu \cdot l_p + A$.

Лабораторная работа 7

ИЗУЧЕНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТАРЕЛЬЧАТОГО ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

1 Теоретическая часть

Технологический процесс тарельчатых туковывсевающих аппаратов включает две основные фазы; вынос слоя туков через регулируемое окно и сбрасывание их с тарелки. Такой тип аппаратов устанавливается на машине РТТ-4,2А и др.

1.1 Вынос слоя туков. Происходит вынос туков за счет сил трения, которые должны быть такими, чтобы обеспечить частицам вращательное движение вместе с тарелкой. При этом не должно быть самопроизвольного схода туков с тарелки, то есть необходимо соблюдать условие:

$$fmg \geq m\omega^2 r_2 \quad \text{или} \quad fg \geq r_2 \omega^2,$$

где f – коэффициент трения;

m – масса частицы тука;

g – ускорение свободного падения;

r_2 – радиус диска;

ω – угловая скорость вращения диска.

Секундный вынос туков Q_c тарелкой, выраженный через параметры тарелки (рис. 1) равен:

$$Q_c = \frac{1}{2} \gamma \omega h (r_2^2 - r_1^2), \quad (1)$$

где γ – объемная масса удобрений, кг/м³;

h – высота высевающей щели.

С другой стороны, секундный, вынос туков Q_c можно подсчитать по формуле

$$Q_c = \frac{10^{-4} Q b_p v_m}{Z}, \quad (2)$$

где Q – норма высева туков, кг/га;

b_p – ширина захвата машины, м;

v_m – поступательная скорость движения машины, м/с;

Z – число аппаратов.

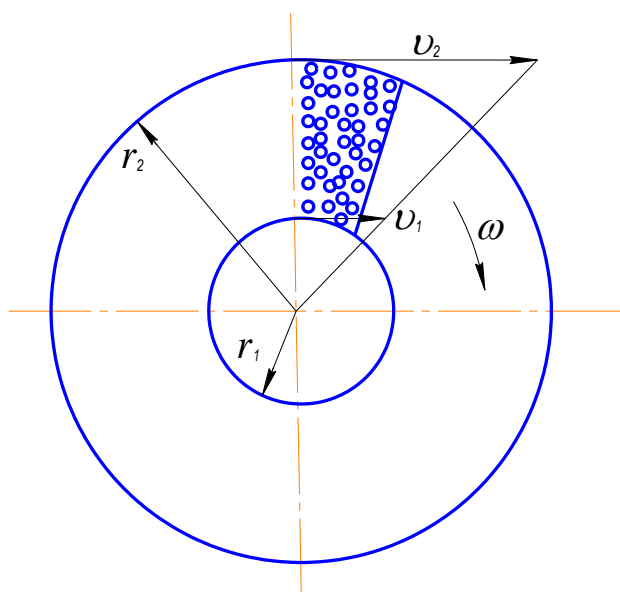


Рис. 1. Скорость перемещения удобрений на тарельчатом аппарате

Сопоставляя уравнения 1 и 2, получим необходимую высоту высевной щели:

$$h = \frac{2 \cdot 10^{-4} Q b_p v_m}{Z \gamma \omega (r_2^2 - r_1^2)} \quad (3)$$

Формула 3 связывает технологические и конструктивные параметры туковысевающих аппаратов. Пользуясь ею, можно установить точные соотношения между h , ω и v_m , чтобы обеспечить заданное Q .

1.2 Сбрасывание туков. Сбрасыватели бывают пассивные и активные. Пассивные сбрасыватели выполнены так, чтобы туки не огруживались, не уплотнялись и непрерывно двигались вдоль него к выходному отверстию.

Активные сбрасыватели (лопастные, дисковые) должны выносить одинаковое количество удобрений. От этого зависит равномерность распределения по рядкам. Для выполнения этого требования необходимо, чтобы к каждому из сбрасывателей подводилось одинаковое количество удобрений, равное половине подачи их тарелкой. Этого можно достичь правильной установкой расстояния R_q делителя (рис.2):

$$R_q = \sqrt{\frac{r_2^2 + r_1^2}{2}} \quad (4)$$

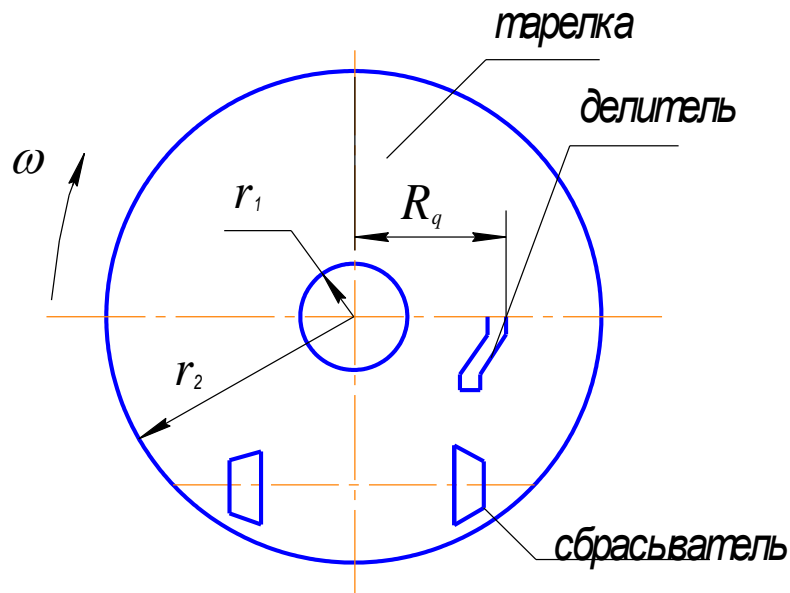


Рис. 2. Схема установки делителя удобрений

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Ознакомиться с основами теории и технологическим процессом внесения удобрений тарельчатым туковысевающим аппаратом. Изучить характер изменения производительности аппарата в зависимости от изменения величины высевной щели.

2.2 Оборудование. Лабораторная установка, линейка, секундомер, литровая пурка, технические весы с разновесами.

Лабораторная работа выполняется на установке (рис.3). Она смонтирована на раме 8. Высевающий аппарат приводится во вращение мотор-редуктором 9 через цепную передачу 5.

Норма высева удобрений регулируется заслонкой рычага 7. Из тукопроводов 3 удобрения попадают в специальные ящики 4.

2.3 Порядок выполнения работы.

2.3.1 Объемная масса, γ (г/см³) определяется с помощью литровой пурки (см. работу 6).

2.3.2 Определить частоту вращения тарелки в минуту и отрегулировать установку на равномерность высева удобрений в оба тукопровода.

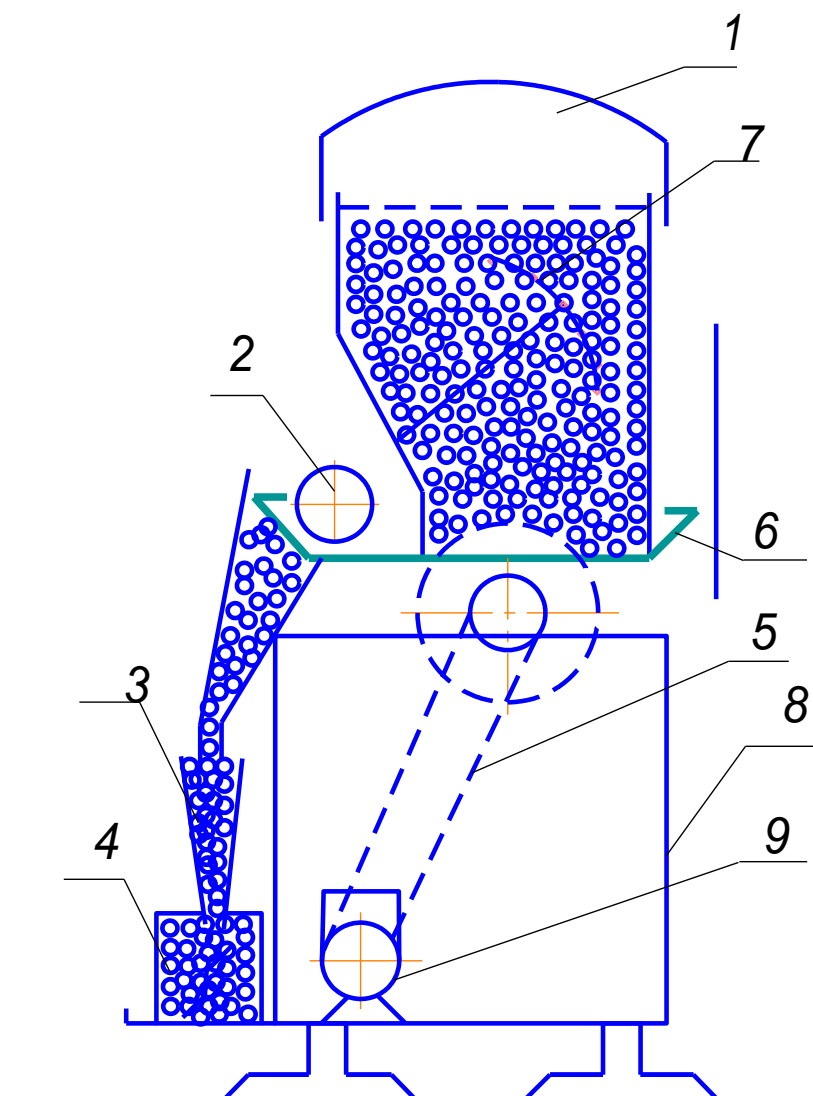


Рис.3. Схема лабораторной установки для изучения рабочего процесса тарельчатого туковысевающего аппарата:

1 – банка; 2 – сбрасывающий диск; 3 – тукопровод; 4 – ящик;
 5 – цепная передача; 6 – тарелка; 7 – рычаг управления заслонкой;
 8 – рама; 9 – мотор-редуктор.

Фактическую частоту вращения тарелки за одну минуту определяют с помощью секундомера. Для чего перед началом отсчета делают метку на тарелке аппарата.

Перед регулировкой аппарата на равномерность высева удобрений оба рычага заслонок ставят на одно и то же деление. Под тукопроводы подставляют ящики, включают установку в работу на 30 с и определяют массу туков в каждом ящике. Если разница превысит 5%, то изменяют величину высевной щели заслонкой, поворачивая её рычагом 7.

Регулировку проводят до тех пор, пока не будет соблюдено условие равномерности высева удобрений.

2.3.3 Изучить влияние величины открытия заслонки (площади высевной щели) на производительность аппарата. Для этого проделать опыты при трех различных положениях рычага заслонки. Результаты опытов записать в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты опытных данных

Положение рычага заслонки на сектор	Высота щели, мм		Производительность опыта, с	Масса удобрений за опыт, кг		Производительность, кг/с		Площадь щели,		Норма высева Q, кг/га
	делитель			Правый тукопровод G _{пр}	Левый тукопровод G _л	$Q_{пр} = \frac{G_{пр}}{t}$	$Q_{л} = \frac{G_{л}}{t}$	F _{пр}	F _л	
	правый	левый								
35										
25										
15										

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Правый и левый делители обозначены со стороны кнопочного включателя,
2. Длина правой щели – 55 мм, левой – 50 мм.

2.3.4 Рассчитать норму внесения удобрений (для двух тукопроводов) при разной регулировке аппарата, то есть определить сколько будет высеиваться удобрений на 1 га при трех разных положениях: рычагов заслонок по формуле

$$Q = \frac{10^4 \cdot Q_1}{v \cdot b}, \text{ кг/га}, \quad (4)$$

где Q_1 – производительность туковысевающего аппарата,

$$(Q_1 = Q_{пр} + Q_{л}), \text{ кг/с};$$

v – скорость агрегата, м/с;

b – ширина захвата (ширина участка, на котором аппарат рассеивает удобрения).

Расчет произвести для подкормки одного рядка сои, посеянной с меж-

дурядьями 45 см, скорость агрегата 7 км/ч. Результаты записать в таблицу.

2.3.5 По результатам опытов построить график изменения производительности в зависимости от изменения площади щели отдельно для каждого тукопровода.

2.3.6 Подсчитать путь сеялки до заправки новой порции удобрений при максимальной норме высева, полученной в опыте, по формуле;

$$L = \frac{10^4 V \cdot C \cdot \gamma}{Q \cdot b}, \text{ м} \quad (5)$$

где V – объем банки, м³ ($V = 0,022 \text{ м}^3$);

C – коэффициент использования объема банки, $C = 0,9$;

γ – объемная масса, кг/м³ (взять из опыта).

2.3.7 Определить высоту щели h по формуле (3) для максимальной нормы высева Q , полученной в опытах и сравнить ее с высотой щели, полученной при выполнении опытов.

Отчет по работе

Каждый студент представляет:

- 1) таблицу опытных данных и результаты расчетов;
- 2) график изменения производительности в зависимости от изменения площади щели.
- 3) расчет пути сеялки до новой заправки (L), выражение (5).

Контрольные вопросы

1. В чем заключается рабочий процесс туковысевающего аппарата тарельчатого типа?
2. Уметь вывести формулу (3).
3. Для чего и чем регулируется равномерность высева левым и правым семяпроводом?

Лабораторная работа 8

ИЗУЧЕНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

1 Теоретическая часть

1.1. Рабочий процесс центробежного туковысевающего аппарата

Центробежный туковысевающий аппарат состоит из дозирующего устройства и вращающегося диска, прост по устройству, надежен в работе и имеет высокую производительность. Такие аппараты установлены на кузовных разбрасывателях 1-РМГ-4А, РУМ-8, МВУ-6 и др. Недостаток центробежных аппаратов – большая неравномерность распределения удобрений по поверхности, особенно на неровных полях. Рабочий процесс центробежного туковысевающего аппарата характеризуется наличием двух фаз. К первой фазе относится та часть процесса, в пределах которой частицы находятся на рабочей поверхности диска. Вторая фаза, когда частицы материала, получив необходимую скорость, покидают диск и совершают свободный полет до встречи их с поверхностью почвы или ветрозащитным устройством.

1.2. Теория аппаратов центробежного типа.

Рассмотрим движение частицы по поверхности диска. Здесь возможны два вида движения материальной частицы: совместное движение частицы с диском без относительных перемещений и скольжение частицы по поверхности диска.

Первый вид движения имеет место, когда предельная величина силы трения F больше или равна центробежной силе: $F \geq C$. Подставив значения сил, получим

$$fmg \geq m\omega^2 r ,$$

где f – коэффициент трения;

m – масса частицы;

ω – угловая скорость;

r – радиус (расстояние от центра диска до частицы);

g – ускорение свободного падения.

Определим минимальную частоту вращения диска, при которой частица не будет двигаться по поверхности диска

$$n \leq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{fg}{r}} \quad (1)$$

Центробежный аппарат потеряет свою работоспособность.

При подаче на диск материальной частицы она сначала скользит по его поверхности. Сила трения сообщает частице ускорение, скорость ее растет и, когда она достигнет окружной скорости диска, скольжение прекращается. Обычно угловая скорость диска достаточно велика, и частицы непрерывно скользят по его поверхности.

Пусть частица удобрений с массой m находится в начальном положении в точке M (рис.1).

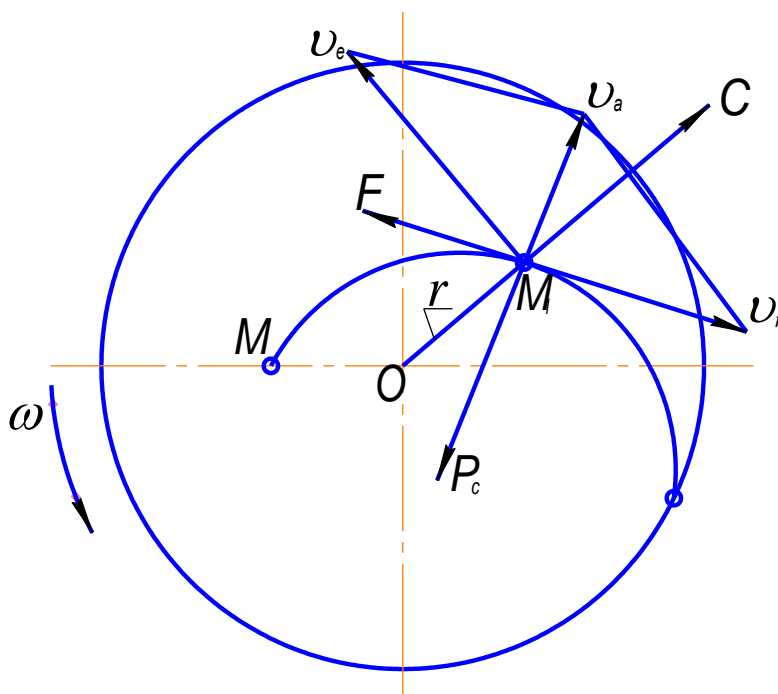


Рис. 1. Характер движения частицы по плоскому вращающемуся диску

Через некоторое время она переместится, в точку M_1 , Абсолютная скорость ее v_a в этом положении складывается из переносной скорости v_e переносного движения и относительной скорости v_r относительного движения. Ско-

рость переносного движения есть окружная скорость диска

$$v_e = r\omega,$$

где $r = OM_1$;

ω – угловая скорость диска;

Кривая МА – траектория относительного движения (относительно диска).

На материальную частицу в точке M_1 действуют следующие силы: сила трения F , направленная в противоположную сторону движения частицы; центробежная сила $C = m\omega^2 r$ от переносного движения, направленная по радиусу от центра O и сила Кориолиса $F_C = 2m\omega v_r$, направленная навстречу угловой скорости диска ω (обратно ускорению). Ускорение Кориолиса $2\omega v_r$ направлено нормально к v_r в сторону скорости ω .

В соответствии с теорией движения частиц по шероховатым поверхностям, разработанной акад. П.М.Василенко, траектории относительного движения частицы по диску могут быть в зависимости от физического содержания задачи – архимедова спираль, логарифмическая спираль или развертка окружности. П.М. Василенко предложил принять кривую МА за логарифмическую спираль, уравнение которой

$$r = r_0 e^{\alpha\theta}, \quad (2)$$

где r и θ – текущие полярные координаты;

e – основание натурального логарифма ($e = 2,7182$).

α – угол между касательной к спирали и радиусом r , близкий к прямому).

Из рисунка 1 видно, что векторы v_r и v_e могут быть направлены в разные стороны, в результате чего абсолютная скорость схода частиц с диска оказывается малой, что ограничивает ширину полосы разбрасывания удобрений.

Характер движения частиц по диску зависит не только от выбранного режима работы диска, но и от его конструкции. Разбрасывающие диски бы-

вают плоскими или коническими, гладкими или снабженными лопатками. Лопатки могут быть прямолинейными, расположенными радиально или с наклоном к радиусу, и, наконец, встречаются лопатки криволинейные. Наибольшее распространение получили диски, оборудованные прямыми лопатками и ребрами (рис. 2).

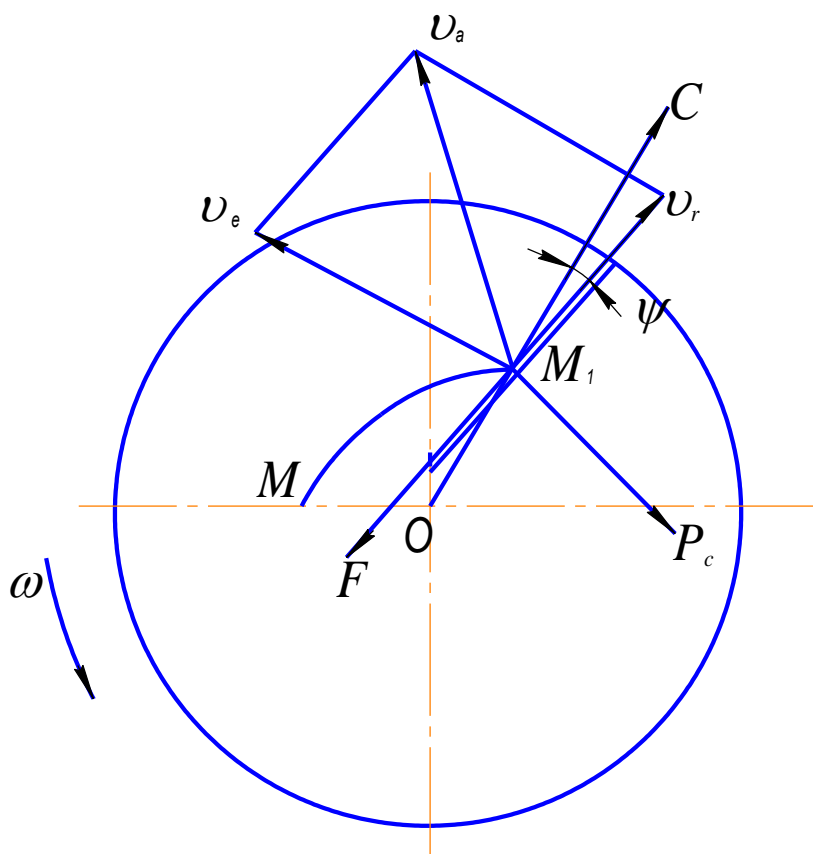


Рис. 2. Характер движения частицы по плоскому диску с лопатками

Если на диске установлены лопатки, то частица сначала движется по диску так, как если бы лопаток не было. При встрече частицы с лопаткой направление ее движения изменяется, так как частица ударяется о лопатку и отбрасывается от нее. Чем больше скорость диска, тем вероятнее удар и тем чаще эти удары. Если, скорость мала, то вместо удара частица скользит по лопатке. Лопатки диска изменяют направление движения частиц, увеличивают их скорость и дальность отбрасывания. Направление действующих сил становится несколько иным.

Пусть лопатка прямолинейная и отклонена под углом ψ к радиусу. Не-

упругая частица удобрения, находящаяся рядом с лопаткой в точке M_1 , скользит по ней со скоростью v_r и имеет скорость переносного движения v_e . На частицу действуют силы: центробежная $C = m\omega_1^2 r$, с составляющими вдоль лопатки $m\omega_1^2 r \cos\psi$ и перпендикулярно лопатке $m\omega_1^2 r \sin\psi$; Кориолиса $P_C = 2m\omega v_r$, направленная перпендикулярно к скорости v_r в сторону обратно угловой скорости диска ω . При движении частицы возникает сила трения, состоящая из двух составляющих; по диску $F_1 = f_1 mg$ и по лопатке

$$F_2 = f_2 m(2mv_r - r\omega_1^2 \sin\psi),$$

где m – масса частицы;

f_1 и f_2 – коэффициент трения частицы по диску и по лопатке.

Сила трения F направлена вдоль лопатки в противоположную сторону движения частицы.

Движение частицы вдоль лопатки происходит под действием силы:

$$P = m\omega_1^2 r \cos\psi - [f_1 mg + f_2 m(2\omega v_r - \omega_1^2 r \sin\psi)] \quad (3)$$

Скорость схода частицы с диска равна геометрической сумме окружной скорости диска и скорости движения частицы вдоль лопатки

$$v_a = \sqrt{(v_e \pm v_r \sin\psi)^2 + (v_e \cos\psi)^2} \quad (4)$$

Знак «+» ставится, если лопатки отклонены вперед, знак «-», если лопатки отклонены назад.

При радиальном расположении лопаток

$$v_a = \sqrt{v_r^2 + v_e^2} = \sqrt{v_e^2 + (r\omega)^2}, \quad (5)$$

где r – радиус диска.

Во второй фазе работы центробежного аппарата частицы, сходящие с диска, имеют скорость, близкую к окружной скорости диска. Угол схода колеблется от 72° до 150° .

Пренебрегая сопротивлением воздуха, получаем, что частицы падают по параболической траектории с параметрическими уравнениями:

$$X = v \cdot t; \quad (6)$$

$$Y = \frac{gt^2}{2}, \quad (7)$$

где X – горизонтальное перемещение;

Y – вертикальное перемещение.

v – начальная скорость, равная окружной скорости диска;

t – время падения;

g – ускорение свободного падения.

2 Практическая часть

2.1 Целью данной работы является практическая запись траектории движения частиц по вращающемуся диску, определение ее параметров и сил, действующих на частицу на диске центробежного аппарата, а также определение полосы рассева удобрений.

2.2 Оборудование и инструменты. Лабораторная установка, транспортер, линейка, бумага.

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Изучить устройство и работу лабораторной установки (рис. 3).

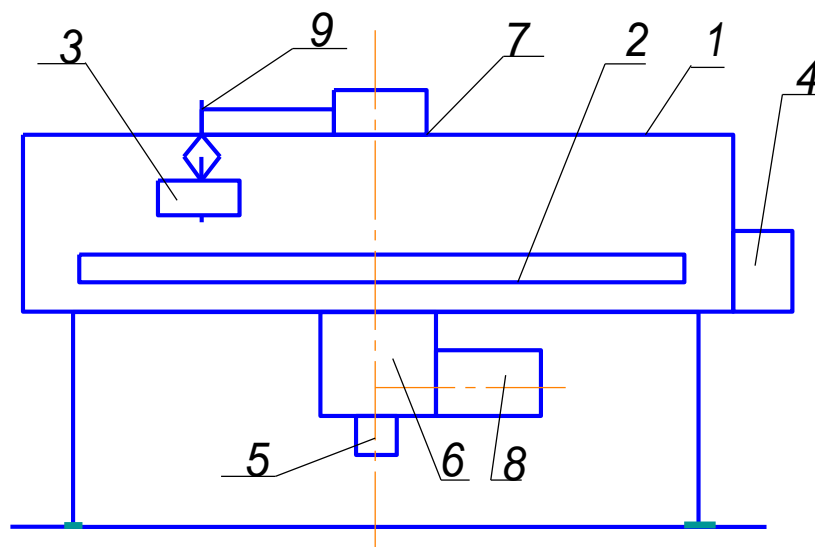


Рис.3. Схема лабораторной установки центробежного туковысевающего аппарата: 1 – защитный кожух; 2 – диск; 3 – груз-самописец с зажимом; 4 – импульсный счетчик; 5 – прерыватель; 6 – червячный редуктор с зубчатой передачей; 7 – съемная рамка с электромагнитом; 8 – электродвигатель

Лабораторная установка состоит из рамы, диска 2, диаметром 400 мм, редуктора 6 с зубчатой передачей, импульсного счетчика 4, электродвигателя постоянного тока 8 (24В) и груза-самописца, подвешенного в зажиме на съемной рамке 7. Масса груза 390 г.

Для нормальной работы установки необходимо: проверить наличие карандаша в грузе-самописце 3, снять рамку 7 и на диск 2 закрепить лист чистой бумаги диаметром 400 мм. Установить на свое место подвижную рамку и подвесить груз-самописец в зажим рамки. Подключить электросекундомер к двум коротким проводам крайними клеммами. Импульсный счетчик и электросекундомер включить в электросеть переменного тока напряжением 220В. Они включены в сеть последовательно и имеют одну кнопку включения. Показания секундомера вывести в нулевое положение. Записать показания счетчика 4. Включить электродвигатель 8 в электросеть постоянного тока и дать напряжение 20 В (не больше!).

Когда диск 2 наберет устойчивую частоту вращения, нажать и не отпускать кнопку включения электросекундомера и счетчика частоты вращения диска. В момент схода груза-самописца 3 с диска 2 быстро отпустить кнопку включения счетчика и электросекундомера. Выключить из сети электродвигатель привода диска. Снять лист бумаги с диска. Груз-самописец 3, двигаясь по бумаге диска 2, оставит след-траекторию своего движения. Секундомер покажет время нахождения груза-самописца на диске, а импульсный счетчик – частоту вращения диска.

2.3.2 Определить минимальную частоту вращения диска (формула 1), при которой аппарат теряет свою работоспособность и действительную частоту (n_{∂}), при которой груз-самописец сходит с диска во время опыта.

2.3.3 Произвести анализ траектории движения груза-самописца (рис.1). Для чего найти точку М падения груза на диск. Начертить два взаимно-перпендикулярных диаметра с центром в точке 0, причем один из диаметров должен проходить через точку М. На траектории МА в произвольном месте взять точку M_1 и определить:

а) скорости: переносную $v_e = \omega r$, относительную v_r и абсолютную v_a . Для определения средней относительной скорости необходимо замерить траекторию относительного движения MA и, зная время, за которое проходит груз-самописец этот путь, найти v_r . Построить в масштабе v_a и v_r для точки M_1 и известным способом определить v_a ;

б) силы: трения F , центробежную C и Кориолиса P_c , действующие на груз-самописец в точке M_1 ;

в) угол поворота диска за время нахождения на нем груза-самописца по формуле

$$\theta = \omega \cdot t,$$

где t – время пребывания груза-самописца на диске;

ω – угловая скорость диска.

2.3.4 Определить по формулам 6 и 7 полосу рассева удобрений однодискового туковысевающего аппарата, если диск расположен над поверхностью поля на 500 мм. Все данные по пунктам 1...4 записать в таблицу к отчету.

Таблица

Результаты опытных данных

Минимальная частота вращения диска n , об/мин	Радиус (расстояние от центра диска до места падения груза), мм	Действительная частота вращения диска n_d , об/мин	Время нахождения груза на диске t , секунд	Скорость, м/с			Сила, Н		
				v_e	v_r	v_a	F	C	P_c

Отчет по работе

Каждый студент представляет лист с построениями и сводную таблицу.

Контрольные вопросы

1. Описать технологический процесс работы центробежного туковысевающего аппарата.
2. На каких марках машин установлены центробежные туковысеваю-

щие аппараты ?

3. Какие виды движения частиц удобрений по диску Вы знаете и условие, обеспечивающее работоспособность аппарата?
4. Назовите скорости v_e , v_r , v_a и как они получены?
5. Назовите силы F , P_c , C и как их определить?
6. Знать уравнение логарифмической спирали.
7. Что такое угол схода частицы с диска?
8. Для чего на диск центробежного аппарата устанавливают лопатки?
9. Под действием какой силы происходит движение частицы удобрений вдоль лопаток? (знать формулу).

Лабораторная работа 9

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

1 Теоретическая часть

1.1 Типы режущих аппаратов.

В основу работы режущих аппаратов положены бесподпорный и подпорный принципы среза.

Бесподпорные режущие аппараты – это ротационные и ротационно-барабанные.

Режущие аппараты подпорного резания бывают сегментно-пальцевые и беспальцевые.

В сегментно-пальцевых аппаратах (рис.1) режущая пара – сегмент 1 и противорежущая пластина пальца 2.

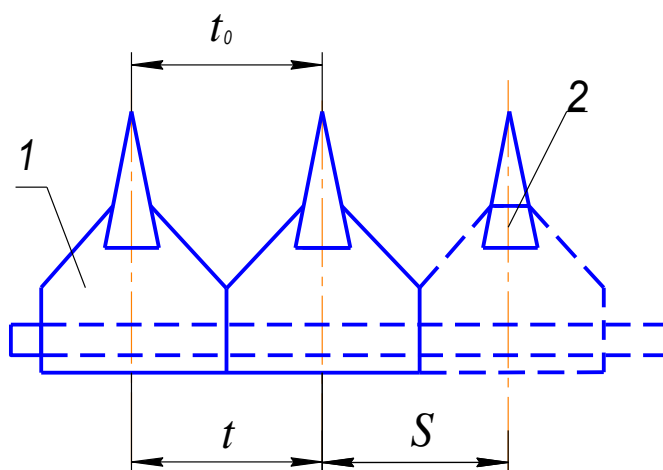


Рис.1. Сегментно-пальцевый режущий аппарат

Сегмент подводит растение к противорежущей пластине и, защемляя его в растворе этих элементов аппарата, срезает. В момент среза стебель опирается одновременно о противорежущую пластину и о перовидный отросток пальца, то есть о две опоры.

Сегментно-пальцевые режущие аппараты характеризуются следующими геометрическими и кинематическими параметрами (табл. 1).

Таблица 1

Основные геометрические и кинематические характеристики
сегментно-пальцевых режущих аппаратов

Типы режущего аппарата	t	t_0	b	f_l	l	b_l	b'	h_l	S	$k = \frac{f}{F}$
Нормальный с одинарным пробегом ножа:										
$t = t_0 = S = 76,2 \text{ мм}$	76	76	80	25	16	27	37	65	76	1
$t = t_0 = S = 90 \text{ мм}$	90	90	85	30	12	21	37	65	90	1
Нормальный с удвоенным пробегом ножа:										
$2t = 2t_0 = S = 152 \text{ мм}$	76	76	75	21	16	21	24	58	152	0,32
$2t = 2t_0 = S = 101 \text{ мм}$	60	50	75	30	15	22	25	58	101	0,32
Низкого резания:										
$t = 2t_0 = S = 101 \text{ мм}$	101	50,8	70	22	6	21	24	63	101,6	0,68

1.2 Кинематические характеристики ножа. Кинематическими характеристиками ножа являются перемещение X скорость v и ускорение j в зависимости от угла поворота кривошипного вала (рис.2).

Относительное движение ножа (перемещение) выражается проекцией кривошипа на ось X (рис.2):

$$X = r(1 - \cos \omega t). \quad (1)$$

Скорость ножа:

$$v = \frac{dx}{dt} = r\omega \sin \omega t. \quad (2)$$

Ускорение ножа:

$$j = \frac{d^2x}{dt^2} = r\omega^2 \cos \omega t. \quad (3)$$

Для практического пользования эти формулы мало удобны. Значительно проще выразятся скорость и ускорение, если поставить их в зависимость от перемещения ножа X . Так, если из формул (1) и (2) исключить угол поворота, получим:

$$\frac{v^2}{\omega^2 r^2} + \frac{(r-x)^2}{r^2} = 1. \quad (4)$$

Решая совместно уравнение (1) и (3), получим:

$$j = \omega^2 r - \omega^2 x. \quad (5)$$

Уравнение (4) представляет собой уравнение эллипса, а уравнение (5) – уравнение прямой (рис. 2, б).

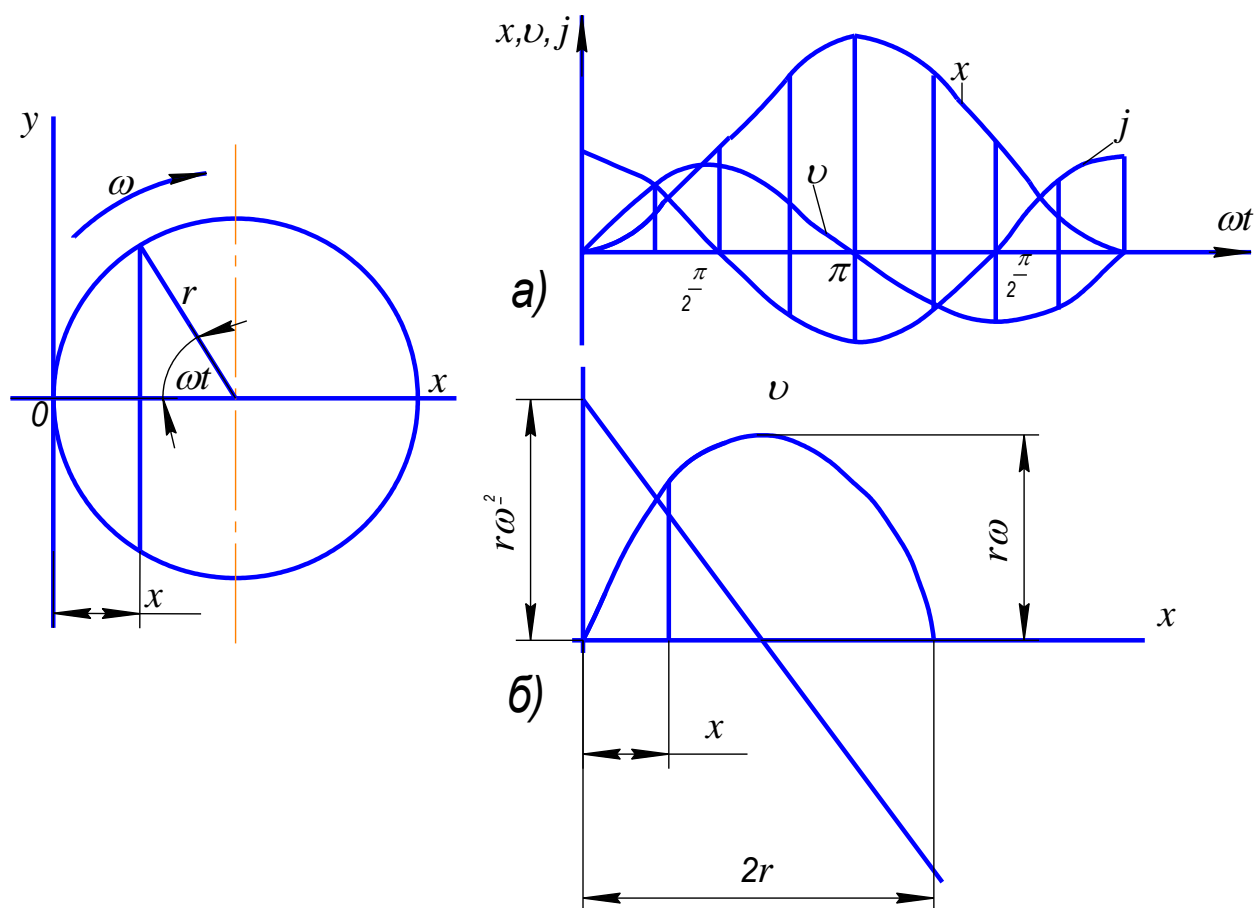


Рис. 2. Кинематические характеристики ножа:

- а) перемещение X , скорость v и ускорение j в зависимости от угла поворота кривошипа; б) скорость и ускорение в зависимости от перемещения ножа.

Нож совершает сложное движение, он движется относительно пальцев (относительное движение) и одновременно движется вместе с машиной (переносное движение).

За время перемещения ножа из одного крайнего положения в другое машина пройдет путь h , который назывался подачей. Величина подачи на режущий аппарат за один ход (взмах ножа) равна:

$$h = v_M T = v_M \frac{\pi}{\omega} = \frac{30v_M}{n}, \text{ м} \quad (6)$$

где v_M – скорость машины, м/с;

T – время полуоборота кривошипа;

n – частота вращения кривошипа, об/мин.

Площадь, равную по длине – подаче, а по ширине – ходу ножа, называет площадью подачи:

$$F = hS. \quad (7)$$

После подстановки получим

$$F = \frac{30v_m S}{n}, \quad (8)$$

где S – ход ножа, м.

Наибольшая площадь, растения с которой срезаются сегментом за один пробег ножа около одного из пальцев, условно называется площадью нагрузки, которая определяется выражением

$$f = F \cdot k,$$

где F – площадь подачи, см²;

k – коэффициент, характеризующий тип режущего аппарата (табл. 1).

В аппарате нормального резания площадь подачи равна площади нагрузки, в аппаратах низкого и нормального резания с удвоенным пробегом площадь нагрузки будет различна, так как срез происходит у двух пальцев при одном ходе ножа.

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Для заданного режущего аппарата определить: тип режущего аппарата и его параметры t , t_0 , S , h , r ; подачу h ; частоту вращения кривошипа n ; скорость машины v_m ; площадь подачи на режущий аппарат F ; площадь нагрузки f ; скорость резания и диаграмму изменения высоты стерни для растений, расположенных у одного из пальцев.

2.2 Оборудование, приборы, инструмент: лабораторная установка, линейка, секундомер, циркуль, сегмент, вкладыши, бумага.

2.3 Порядок выполнения работы.

2.3.1 Подготовить лабораторную установку к работе (рис.3). Установка состоит из рамы 2, на которой смонтирован режущий аппарат с приводом

лентопротяжного механизма. На режущих кромках сегментов 12 и пальцах установлены самописцы 13 и 16, стола 7, по которому движется бумажная лента 18.

Проверить, пишут ли самописцы 13 и 15 и поднять их в крайнее верхнее положение, а стол опустить вниз подъемных механизмов.

2.3.2 С помощью счетчика и секундомера замерить частоту вращения кривошипного вала в минуту. Определить скорость движения машины (в данной установке скорость движения бумажной ленты).

2.3.3 Отрезать лист бумаги длиной 1500 мм и шириной 200...230 мм. Намотать его на ведомый барабан 14, второй конец бумаги протянуть под самописцами и между ведущим и прижимным барабанами. Отметить стрелкой на бумаге направление движения режущего аппарата (но не бумаги). Опустить все самописцы, чтобы они касались бумаги, осторожно поднять стол 7 в верхнее положение до упоров.,

Включить в работу лабораторную установку. Самописцы 13 чертят на бумаге траектории движения точек сегмента 12, а самописцы 15, изображающие осевые линии пальцев, прочертят прямые линии 16.

После того, как бумага выйдет из-под самописцев, выключить из работы установку. Снять лист бумаги с барабана и весь «путь машины» разделить приблизительно на три части.

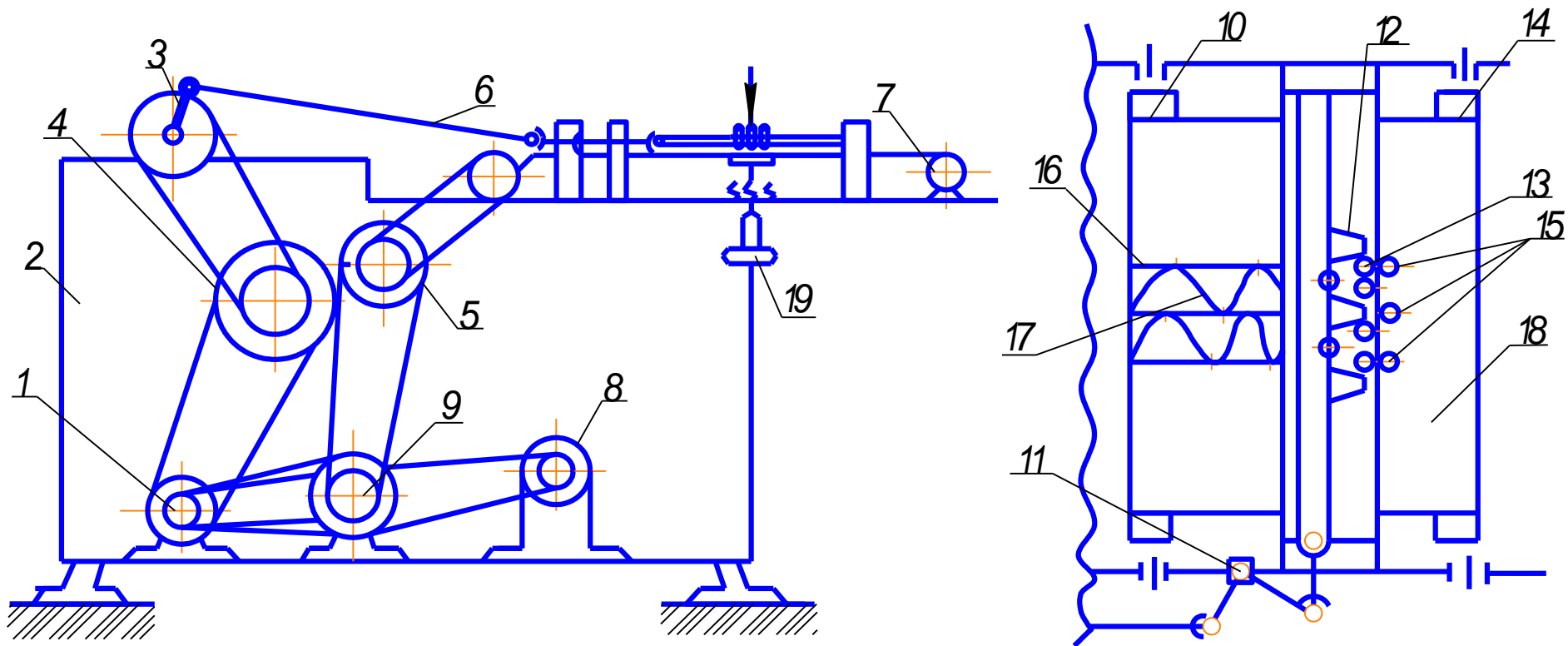


Рис. 3. Схема лабораторной установки режущего аппарата:

1, 9 – контрпривод; 2 – рама; 3 – кривошип; 4, 5 – вариаторы; 6 – шатун; 7 – стол; 8 – мотор-редуктор; 10 – ведущий барабан; 11 – коромысло; 12 – сегмент; 13, 15 – самописцы; 14 – ведомый барабан; 16 - осевая линия пальца; 17 – траектория движения точки лезвия сегмента; 18 – бумажная лента; 19 – механизм подъема стола

2.3.4 На первой части листа замерить:

- а) t – шаг режущей части;
- б) t_0 – шаг противорежущей части;
- в) S – ход ножа;
- г) r – радиус кривошипа;
- д) h – подачу.

По величине t , t_0 , r и S определить тип режущего аппарата.

Определить (рис.4):

- а) F – площадь подачи, см^2 ;
- б) f – площадь нагрузки, см^2 .

Площадь подачи F и нагрузки f заштриховать.

Все данные записать в таблицу 2.

2.3.5 На второй части листа построите график изменения скорости сегмента в зависимости от перемещения в виде окружности или эллипса (рис.5).

Скорость начала v_n и конца v_k резания определить в следующем порядке.

1. На осевых линиях пальцев вычертить сегмент и вкладыш для заданного типа режущего аппарата (рис.5). Размеры взять из таблицы 1 (обозначения на рисунке 6).

Для режущего аппарата нормального типа с одинарным пробегом ножа вычерчивают один сегмент и один пальцевый вкладыш, для режущего аппарата нормального типа с удвоенным пробегом ножа и режущего аппарата низкого резания вычерчивают по два пальцевых вкладыша.

Пальцевые вкладыши располагают относительно осевой линии сегмента на расстоянии, равном шагу противорежущей пасти.

2. На вкладыше построить окружность радиуса r и эллипс с полуосями r и ax . Полуось ax направить по осевой линии пальца. При построении эллипса r брать в масштабе 1:1, а ax в произвольном масштабе.

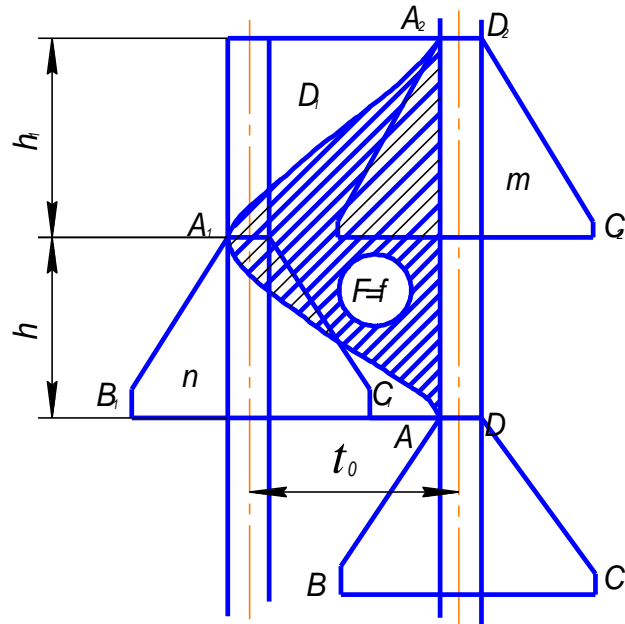


Рис. 4. Определение площади подачи для режущего аппарата нормального типа

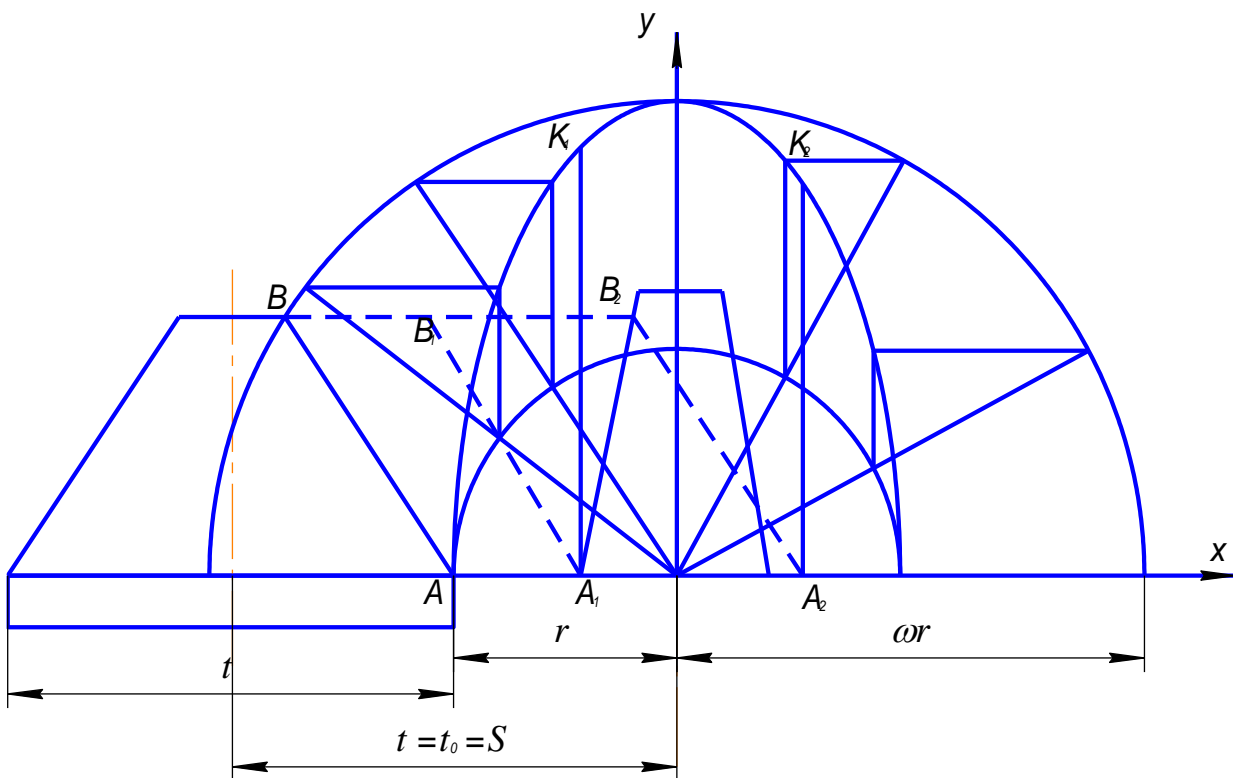


Рис. 5. Определение скорости резания для режущего аппарата нормального типа с одинарным пробегом ножа

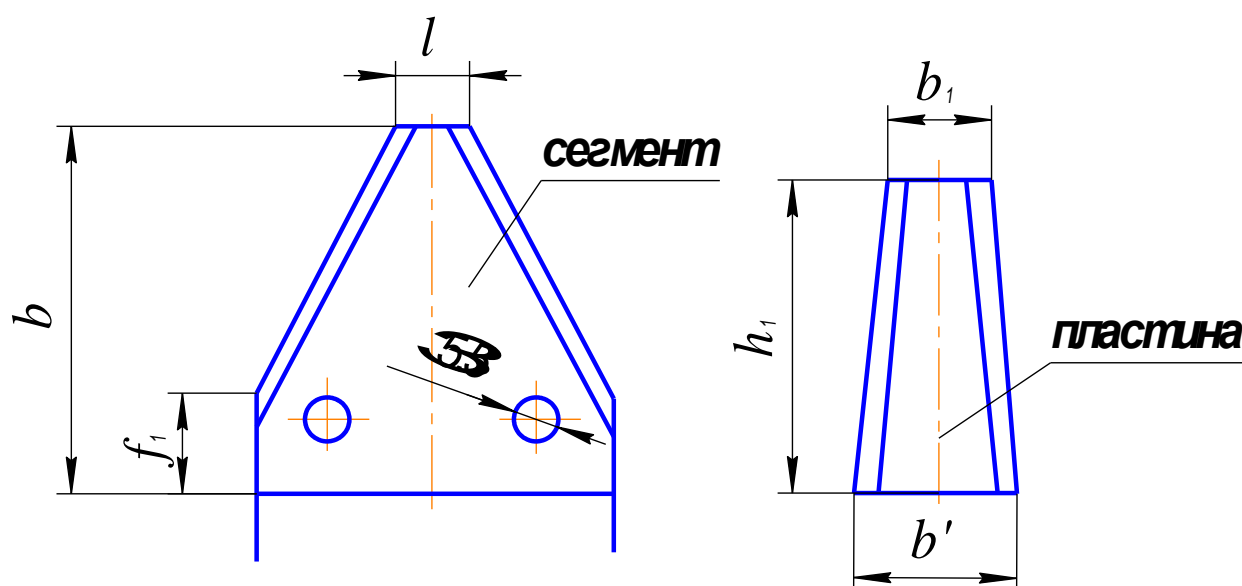


Рис. 6. Детали режущей пары

Для построения эллипса (рис. 5) проводят две концентрические полуокружности радиусами r и ωx . Из точки O провести не менее четырех лучей, пересекающих обе полуокружности. Провести вертикали из точек пересечения лучами полуокружности радиуса r и горизонтали из точек пересечения теми же лучами полуокружности радиуса ωx . Соединив точки пересечения горизонталей и вертикалей плавной кривой, получим эллипс. Полученная кривая (эллипс) показывает изменение скорости сегмента в зависимости от перемещения.

3. Определить скорость начала резания v_n и конца v_k резания.

Срезание стеблей начинается в тот момент, когда лезвие сегмента AB встретится с вкладышем пальца и займет положение A_1B_1 . Скорость начала резания определится

$$v_n = A_1 K_1 \cdot \mu_v, \text{ м/с}$$

где $A_1 K_1$ – ордината, мм;

μ_v – масштаб скорости, (м/с)/мм.

4. Определить скорость конца резания v_k . Сегмент заканчивает резание в тот момент, когда точка B лезвия сегмента встретится с вкладышем пальца,

а лезвие сегмента AB займет положение A_2B_2 .

Скорость конца резания:

$$U_k = A_2 \cdot K_2 \cdot \mu_v, \text{ м/с}$$

В режущем аппарате нормального типа с удвоенным пробегом ножа и в режущем аппарате низкого резания лезвие сегмента срезает растения у двух пальцев – среднего и крайнего. Скорость начала и конца резания определяют у среднего и крайнего пальцев.

2.3.6 На третьей части листа построить диаграмму изменения высоты стерни в масштабе 1:1 (рис.7).

Для этого воспользуемся способом, который предложил академик И.Ф. Василенко.

1. На осевой линии пальца вычертить сегмент (рис.7) по данным таблицы 1. Нанести ширину пальцев, приняв ее постоянной, равной средней ширине вкладыша:

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b'}{2}, \text{ мм}$$

где b_1 и b' – размеры верхнего и нижнего оснований вкладыша пальца.

2. Нанести стебли растений на расстоянии 5 мм друг от друга вдоль кромки пальца 1. Стебли растений, размещенные на участке ab (I группа), срежутся без отгиба, стебли растений, расположенные на участке bc (II группа), срежутся у пальца 2 с одинаковым поперечным отгибом. Поперечным отгибом считается отгиб стеблей лезвием сегмента от одного пальца к другому. Стебли растений, расположенные на участке cd , будут иметь различный отгиб и все срежутся в точке d . Такой отгиб стеблей называется продольным, так как осуществляется пальцевым брусом в направлении движения мадонн. Стебли, расположенные на участке de , срежутся без отгиба.

3. Нанести заданную высоту среза растений $H_{ycm.}$, равную 50 мм. Спроектировать стерню растений первой группы, которые размещены на участке ab и de . Высота стерни этих растений равна заданной высоте среза $H_{ycm.}$

4. Определить высоту стерни для растений II группы. Принимаем при-

ближенно, что все растения II группы будут отгибаться по касательной к синусоиде, имеющей минимальный угол наклона (точка перегиба). Тангенс угла наклона этой касательной будет:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = \frac{h}{\pi r},$$

где α_{\min} – угол наклона касательной в точке перегиба синусоиды;

h – перемещение машины за один ход ножа (подача), м;

r – радиус кривошипа, м.

Для определения величины поперечного отгиба строят прямоугольный треугольник с катетами πr и h в зоне расположения растений II группы. Гипотенуза построенного треугольника даст направление отгиба стеблей, а отрезок ее, заключенный между соседними пальцами, будет величиной отгиба растений q_2 .

Высота стерни растений II группы будет представлять гипотенузу треугольника, катеты которого равны величине отгиба и высота $H_{уст.}$, равной 50 мм. Стебли на участке имеют высоту стерни

$$\alpha = \sqrt{H_{уст.}^2 + q_2^2}.$$

5. Определить высоту стерни для растений III группы. Стебли III группы будут иметь различную по высоте стерню, так как при срезе они отгибаются по разному, но срезаются в одной точке. Высоту стерни для этой группы определяют графически из прямоугольника, у которого катет равен заданной высоте среза $H_{уст.}$, а второй – различным значениям продольного отгиба q_1 , взятым из полученного графика (рис.7). Гипотенузы треугольников и являются высотой стерни каждого растения на участке cd . Их следует отложить на диаграмме стерни соответствующих стеблей.

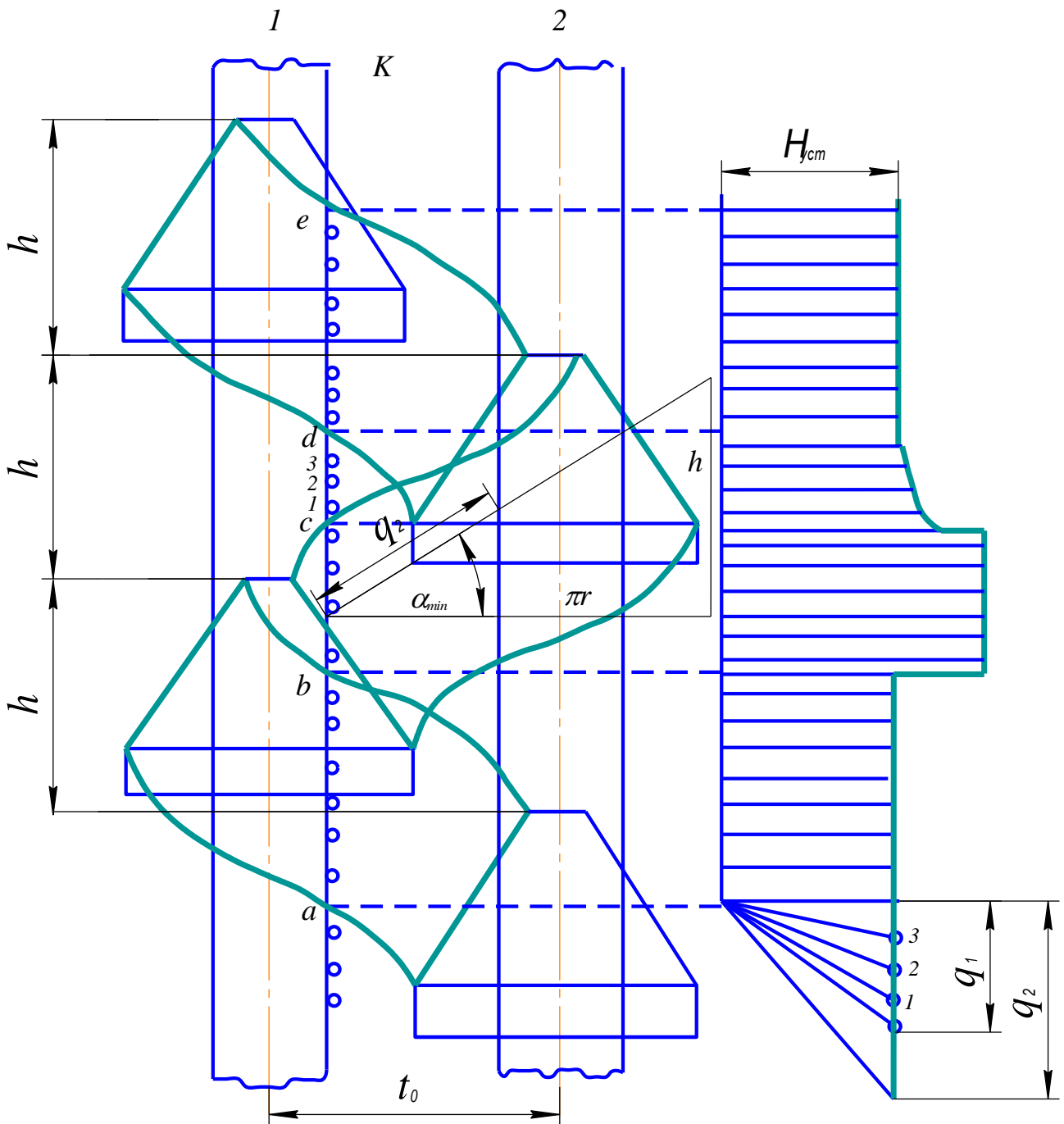


Рис. 7. Графическое построение диаграммы изменения высоты стерни

Отчет по работе

Каждый студент представляет таблицу 2, заполненную величинами, полученными при выполнении работы.

Таблица 2

t , мм	t_0 , мм	r , мм	$H_{\text{уст.}}$, мм	n , об/мин	$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$, 1/с	v_m , м/с	F , см ²	f , см ²	v_n , м/с	v_k , м/с

Контрольные вопросы

1. Знать типы режущих аппаратов и их кинематические характеристики.
2. Что такое подача, площадь подачи и площадь нагрузки?
3. Вывод формулы скорости ножа в зависимости от перемещения.
4. Как определить продольный и поперечный отгиб стеблей?

Лабораторная работа 10

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ МОТОВИЛА

1 Теоретическая часть

Мотовило подводит стебли к режущему аппарату, поддерживает их во время среза и направляет на транспортирующие устройства, освобождает режущий аппарат для приема новых порций стеблей. При работе мотовило перемещается по полю вместе с машиной со скоростью v_m (переносное движение) и вращается относительно своей оси с угловой скоростью ω (относительное движение). Траекторией в абсолютном движении точки планки мотовила является трахоида, форма которой зависит от отношения окружной скорости точки планки U к поступательной скорости машины v_m (λ):

$$\lambda = \frac{U}{v_m} = \frac{\omega R}{v_m}, \quad (1)$$

где U – окружная скорость планки мотовила, м/с;

v_m – скорость машины, м/с;

R – радиус мотовила, м.

При $\lambda \leq 1$ – траектория не имеет петли (рис. 1), при $\lambda < 1$ – траектория образует в нижней части петлю. Величина петли тем больше, чем больше отношение λ . Обычно отношение λ находится в пределах 1,4...1,9. При $\lambda > 1,9$ планки, ударяя по колосу, могут вымолачивать зерно, создавая потери.

Перемещение мотовила вместе с машиной за один оборот планки равно

$$S_0 = v_m T = v \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{\lambda}, \quad (2)$$

где R – радиус мотовила, м;

T – время поворота вала на угол 2π .

Шаг мотовила X_Z – это расстояние (рис. 1) между одинаковыми точками двух соседних трахоеид определяется из выражения

$$X_z = \frac{S_0}{z} = \frac{2\pi R}{\lambda z}, \quad (3)$$

где z – число планок мотвила.

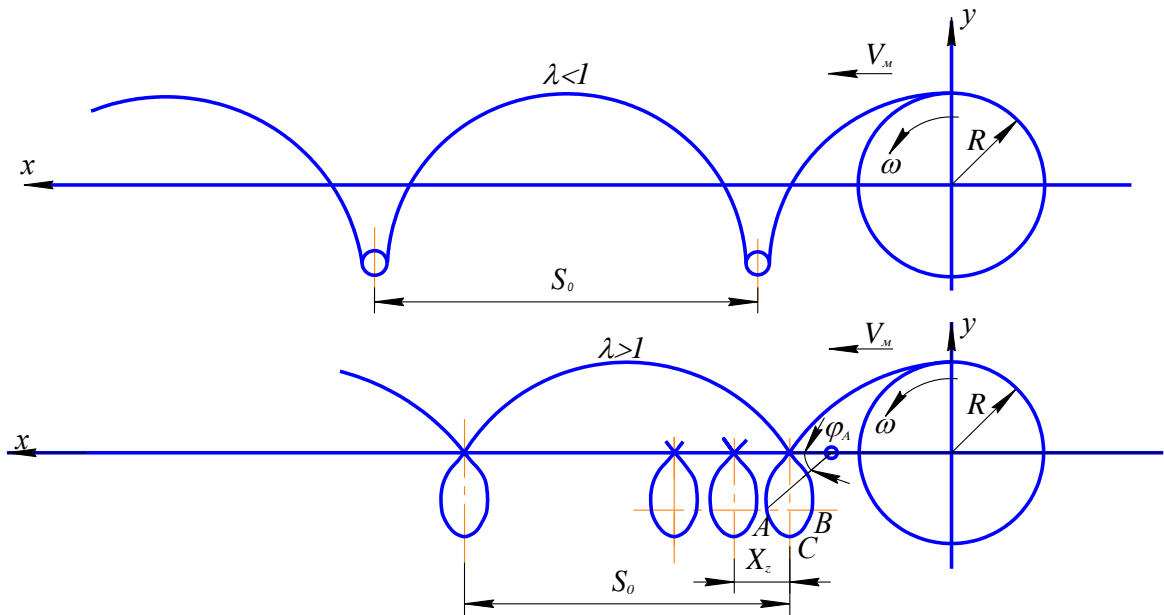


Рис. 1. Форма траектории движения планки мотвила при различных λ

При сложном движении пленка мотвила описывает трахоиду, уравнение которой в прямоугольной системе координат (рис. 2а) запишется

$$X = v_m t + R \cos \omega t; \quad (4)$$

$$Y = H + h - R \sin \omega t \quad (5)$$

где H – высота установки вала мотвила над режущим аппаратом;

h – высота установки режущего аппарата над землей;

ωt – угол поворота планки мотвила за время t ;

$v_m t$ – путь, пройденный машиной.

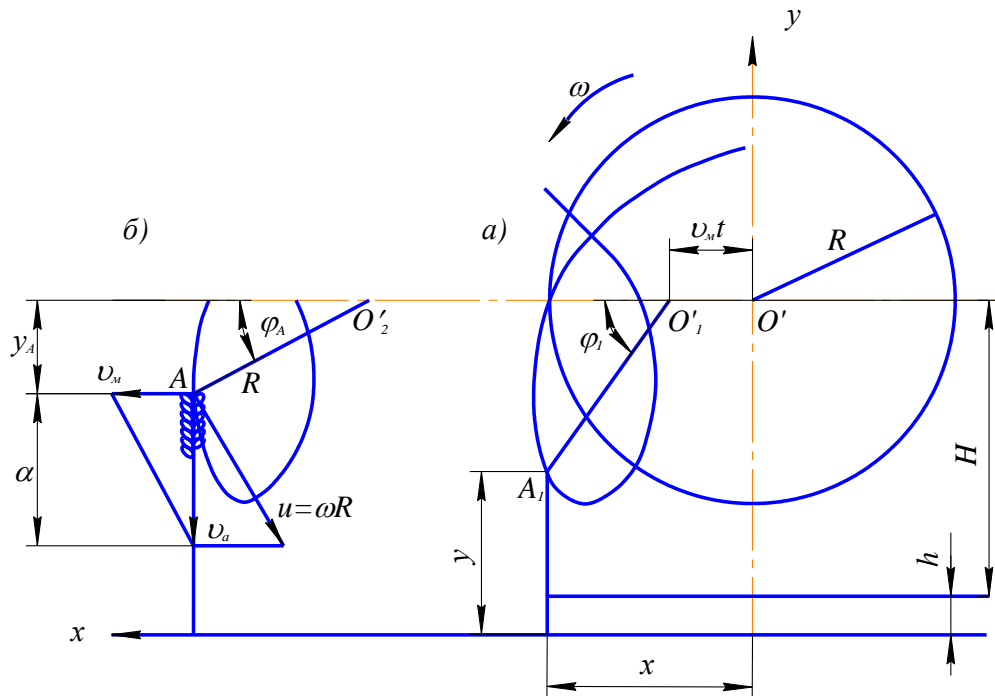


Рис. 2. Схема работы мотовила

Планка мотовила подводит стебли к режущему аппарату тогда, когда горизонтальная проекция v_x абсолютной скорости v_a будет направлена в сторону режущего аппарата. В противном случае стебли будут отталкиваться от режущего аппарата. При $v_x = 0$ планка движется вертикально вниз.

Принято считать, что в момент входа планки в хлебостой следует иметь $v_x = 0$ и, следовательно, из (4) имеем

$$v_x = v_m - \omega R \sin \varphi_A = 0 \quad (6)$$

Это положение планки в относительном движении определяется углом φ_A (рис.2б), причем

$$\sin \varphi_A = \frac{v_m}{\omega R} = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

Высота установки вала мотовила над режущим аппаратом определяется из выражения

$$H = L - h + \frac{R}{\lambda}, \quad (8)$$

где L – высота растений;

В зависимости от высоты растений, среза и установки режущего аппа-

На рисунке 3 можно выделить три характерных участка: σ_1 – участок совместной работы мотовила и режущего аппарата; σ_2 – участок, где режущий аппарат не срезает стеблей и σ_3 – участок, где режущий аппарат работает самостоятельно. Таким образом, при перемещении машины на расстояние σ_1 режущий аппарат срезает уплотненный пучок стеблей, растущих на полоске длиной ΔX ; на расстоянии σ_2 режущий аппарат работает вхолостую; на расстоянии σ_3 происходит срезание стеблей без воздействия на них мотовила. Степень полезности мотовила в совместной работе с режущим аппаратом оценивается следующими коэффициентами:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_1}{X_z} - \text{коэффициент полезности}; \quad (10)$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_2}{X_z} - \text{коэффициент холостого хода режущего аппарата}; \quad (11)$$

$$\eta_3 = \frac{\sigma_3}{X_z} - \text{коэффициент пропусков мотовила} \quad (12)$$

Излагая процесс совместной работы режущего аппарата и планки мотовила, мы отвлекаемся от реальной работы режущего аппарата и не учитываем воздействия стеблей друг на друга. Фактически ширина участка, с которого при содействии планки мотовила срезаются стебли, больше найденного графически на одну треть. Объясняется это тем, что стебли, на которые воздействуют планки, передают давление соседним стеблям.

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы.

1. Изучить влияние отношения $\lambda = \frac{U}{v_m}$ траекторию движения планки мотовила и коэффициенты полезности холостого хода и пропусков мотовила.
2. Определить пределы регулировки мотовила на высоте в зависимости от высоты растений и установки режущего аппарата.

2.2 Оборудование. Работа выполняется на лабораторной установке мотовила (рис.4). Она состоит из следующих основных частей; тележки 13, которая установлена на рельсах 5 и может перемещаться. На тележке смонтированы: эксцентриковое мотовило 9 и блок 12 из четырех шкивов, с помощью которых можно задавать различную скорость движения тележке. Мотовило имеет самописец 11 и граблину 7, положение которой регулируется винтом 6. Механизм привода тележки состоит из ведущего шкива 3 и троса 4, натяжение которого осуществляется через блок роликов 15 колесом 14 с храповым зацеплением.

Для записи траектории движения точки планки мотовила установлена вертикальная доска 8, к которой прикрепляется бумага. Доска может перемещаться вверх и вниз при вращении за рукоятку 1 тросо-блочного приспособления.

Установка работает следующим образом. Движение от ведущего шкива 3 через трос передается блоку шкивов 12. Через малую и большую шестерни 10 вращение от блока шкивов передается эксцентриковому мотовилу 9.

Вращение планки 11 мотовила 9 производится синхронно с перемещением тележки 13, так как трос, зажимая шкив, передает ему движение без проскальзывания. Запись траектории движения планки мотовила осуществляется самописцем на листе бумаги, прикрепленного к доске 8.

Диаметр мотовила 9, диаметры шкивов блока 12 и передаточное отношение большой ($Z = 80$) и малой ($Z = 32$) шестерен ($i = 2,5$) выбраны такими, при которых отношение λ окружной скорости конца планки мотовила к поступательной скорости тележки равны: 1; 1,5; 2,0 и 2,5. Это достигается за счет охвата тросом различных по диаметру шкивов блока 12.

Размеры модели эксцентрикового мотовила 9 в три раза меньше размеров мотовила, установленного на комбайнах семейства «Енисей».

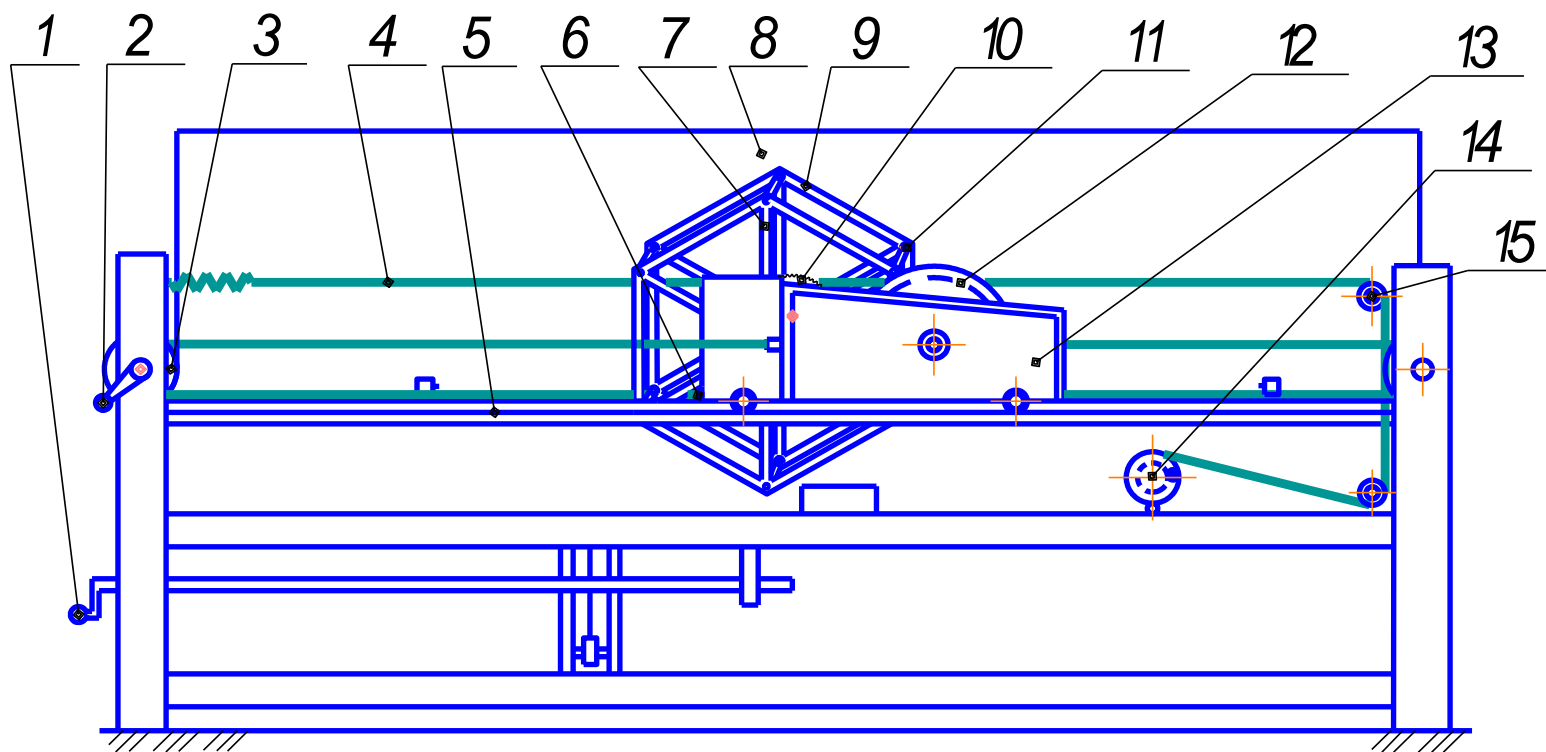


Рис. 4. Лабораторная установка мотовила:

1 – рукоятка подъема доски; 2 – рукоятка ведущего шкива; 3 – ведущий шкив; 4 – трос; 5 – рельсы; 6 – регулировочный винт; 7 – граблина; 8 – доска; 9 – эксцентриковое мотовило; 10 – блок шестерен; 12 – блок шкивов; 13 – тележка; 14 – натяжное колесо; 15 – ролик

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Построить траекторию абсолютного движения наружной точки планки мотовила при различных отношениях λ (1; 1,5; 2; 2,5). Для этого к доске 8 прикрепить лист бумаги. Поставить мотовило в одно из крайних положений на рельсах 5 и подвести его к доске так, чтобы самописец 11 касался доски с бумагой. Вращая за рукоятку 2, плавно перемещать мотовило по рельсам. При этом самописец 11 чертит траекторию абсолютного движения планки мотовила. Переставить тяговый трос 4 на следующий шкив и вычертить траекторию абсолютного движения для нового значения отношения λ . В такой же последовательности проводится работа с третьим и четвертым шкивом.

2.3.2 Вычертить траекторию движения центра вала мотовила. Для этого отключить механизм привода и установить самописец на одной горизонтали с центром вала и переместить мотовило из одного крайнего положения в другое. Самописец прочертит линию центра.

2.3.3 Определить окружную скорость планки мотовила (U , м/с) при известной поступательной скорости машины (v_m). Значение v_m в пределах 0,75 до 2 м/с каждому студенту задается преподавателем. Результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1

λ	v , м/с	U , м/с
1,5		
2,0		
2,5		

2.3.4 Определить пределы регулировки мотовила по формуле 9 для следующих условий:

1. Высота растения $L_{max} = 300$ мм, $L_{min} = 200$ мм.
2. Высота установки режущего аппарата $h_{max} = 60$ мм, $h_{min} = 40$ мм.
3. Пределы изменения λ от $\lambda_{min} = 1,4$ до $\lambda_{max} = 1,9$.

Примечание: Значение L и h даны в масштабе 1:3, так как мотовило на установке в три раза меньше действительного.

2.3.5 Определить S_0 и шаг мотовила X_Z для заданного λ .

2.3.6 Определены участки $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$.

Для чего:

1. Определить расстояние от вала мотовила до точки A вхождение планки в хлебостой по формуле.

$$Y_A = R \sin \varphi_A = \frac{R}{\lambda}. \quad (13)$$

2. Отложить из точки A длину стебля (задается преподавателем от $\lambda_{min} = 800$ см до $\lambda_{max} = 300$ см). Провести горизонтальную линию (поверхности земли).

3. От земли отложить уровень режущего аппарата (задается преподавателем от $h_{min} = 40$ мм до $h_{max} = 60$ мм). Замерить расстояние от линии центра вала мотовила до режущего аппарата (H).

4. Определить ΔX и $\Delta \varphi$.

$$\Delta X = \frac{R}{\lambda} \left(\varphi_A - \frac{\pi}{2} + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right). \quad (14)$$

Выражение в квадратных скобках обозначим через S .

$$S = \varphi_A - \frac{\pi}{2} + \sqrt{\lambda^2 - 1}.$$

Учитывая, что угол $\Delta \varphi$ (угол, на который повернется планка мотовила за время перемещения вала мотовила из т. O'_1 , в т. O'_2) незначителен, не превышает $5...6^\circ$, можно принять, что $\Delta \varphi = \sin \Delta \varphi$, а $\cos \Delta \varphi = 1$ можно определить $\sin \Delta \varphi$

$$\sin \Delta \varphi = \frac{(H - R)S}{\lambda h + H - R}, \quad (15)$$

тогда

$$\Delta \varphi = \arcsin \Delta \varphi. \quad (16)$$

5. Определить участки

$$\sigma_1 = \frac{R}{\lambda} \Delta\varphi; \quad (17)$$

$$\sigma_2 = \Delta X - \sigma_1 \quad (18)$$

$$\sigma_3 = X_Z - \Delta X = \frac{R}{\lambda} \left(\frac{2\pi}{Z} - S \right). \quad (19)$$

6. По формулам 10, 11, 12 определить коэффициенты полезности мотвила при совместной работе с режущим аппаратом.

Результаты расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 2

	λ	S	X_Z	σ_1	σ_2	σ_3	ΔX	η_1	η_2	η_3	Примечание

Сделать анализ влияния λ на коэффициенты η_1, η_2, η_3 .

2.3.7 Порядок оформления схемы совместной работы мотвила и режущего аппарата.

1. Отложить на схеме с петлей (λ) заданной преподавателем Y_A, L, h, H .

2. От середины петли право отложить участок $\sigma_1 (KP)$ и провести вертикальную линию до центра вала мотвила (линия KO'_2).

3. Отложить из т. O'_2 угол $\Delta\varphi$. Найдем точке B_1 , в которой в это время будет находиться планка мотвила.

4. Соединить точку m с B_1 . Это будет положение стебля mA при его срезаии режущим аппаратом в точке C_1 .

5. Отложить участки $X_Z, \sigma_2, \sigma_3, \Delta X$.

6. При правильных расчетах и точном построении линии mb_1, C_1C_0 и KO'_2 должны пересечься в одной точке C_1 .

Отчет по работе

Каждый студент представляет таблицы 1 и 2. В таблице 2 обобщается результат работы всего звена» Звено представляет схемы совместной работы мотовила и режущего аппарата.

Контрольные вопросы

1. Какие типы мотовила устанавливают на комбайнах и жатках?
2. Какие регулировки имеет эксцентриковое мотовило?
3. Научиться выводить уравнение абсолютной траектории планки мотовила (4 и 5).
4. Что такое шаг мотовила?
5. Что такое коэффициенты полезности мотовила холостого хода режущего аппарата и пропусков мотовила?
6. Как уменьшить значение коэффициента пропусков мотовила?
7. Как согласовывается скорость вращения мотовила со скоростью движения комбанка.
8. Может ли работать жатка без мотовила?

Лабораторная работа 11

ИЗУЧЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН

1 Теоретическая часть

Зерновая смесь может быть механически разделена на составные части при условии, если эти части отличаются друг от друга по своим физико-механическим свойствам. Наиболее важным физико-механическим свойством, отражающим биологическую или химическую ценность зерна, является плотность семян. Отсутствие высокопроизводительных машин, позволяющих делить смесь по плотности, заставляет использовать другие признаки делимости семян. На практике наибольшее распространение получили признаки делимости по размерам и коэффициенту парусности.

Коэффициент парусности характеризует аэродинамические свойства семян. Под парусностью понимается способность тел оказывать сопротивление воздушному потоку.

Представим частицу вороха, помещенную в однородный вертикальный воздушный поток, движущийся с некоторой скоростью U снизу вверх. Такой поток воздействует на частицу силой R , направление которой совпадает с направлением скорости U , и которой противодействует сила массы G частицы. Сила R выражается формулой Ньютона.

$$R = K \frac{\gamma}{g} F(C - U)^2, \quad (1)$$

где K – коэффициент аэродинамического сопротивления частицы;

γ – плотность воздуха, $\frac{\text{кг}/\text{с}^2}{\text{м}^2}$,

$\rho = \frac{\gamma}{g}$ – удельная масса воздуха, $\gamma = 1,23 \text{ кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$;

C – действительная скорость перемещения частицы, $\text{м}/\text{с}$;

U – скорость воздушного потока, м/с;

$(C - U)$ – относительная скорость частицы в воздушном потоке, м/с;

F – Миделево сечение частицы, то есть площадь проекции на плоскость, перпендикулярную относительной скорости, или аэродинамическая тень.

В общем случае уравнение движения частицы в вертикальном воздушном потоке можно представить так:

$$m \frac{dC}{dt} = G - R, \quad (2)$$

где $m \frac{dC}{dt}$ – движущая сила;

$\frac{dC}{dt}$ – ускорение движения частицы.

В том случае, когда скорость C равна нулю, частица находится во взвешенном состоянии и характеризуется равенством $G - R = 0$ или $R = K \frac{\gamma}{g} F U^2 = mg = G$. Для этого состояния скорость воздушного является критической или скоростью витания частицы $U_{кр}$. Скорость витания в общем выражается формулой

$$U_{кр} = \sqrt{\frac{G}{K \rho F}}. \quad (3)$$

При известных значениях G частицы и коэффициенте K сопротивления воздушному потоку скорость витания определяется по одной из приведенных формул, в ином случае скорость витания $U_{кр}$ определяется экспериментальным путем на парусном классификаторе.

Ввиду неопределенности Миделевого сечения большинства семян и сложности методов определения коэффициента сопротивления K , на практике коэффициент парусности определяют по критической скорости витания $U_{кр}$, при которой частица находится во взвешенном состоянии, то есть $G = R$. Поместив в зону равновесия частицы наконечник трубки Пито, микроманометром или тягонапорометром можно определить величину динамического

напора h_0 , по которому критическую скорость определяют по формуле:

$$U_{кр} = 4,04\sqrt{h_0}, \quad (4)$$

если h_0 в мм рт. ст.

$$U_{кр} = 1,28\sqrt{h_0},$$

если h_0 в Па.

При взвешенном состоянии частицы справедливо равенство

$$R = G = mg = K \frac{\gamma}{g} F U_{кр}^2 = mj. \quad (5)$$

В этом случае ускорение j , сообщаемое частице воздушным потоком, определяется величиной

$$j = \frac{R}{m} = \frac{K\gamma F}{G} \cdot U_{кр}^2. \quad (6)$$

Величина $\frac{K\gamma F}{G}$ является коэффициентом парусности k_n , который прямо пропорционален коэффициенту сопротивления K и обратно пропорционален массе частицы G .

Таким образом, зная G , размеры частицы и K , величину k_n можно определить по выражению

$$k_n = \frac{K\gamma F}{G}, \quad (7)$$

Или, зная критическую скорость частицы $U_{кр}$, коэффициент парусности можно определить из (5), (6) и (7)

$$k_n = \frac{g}{U_{кр}^2} \quad (8)$$

На практике обычно используют выражение (8) для определения k_n , а через него и коэффициент сопротивления K .

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Изучить аэродинамические свойства частиц зернового вороха, необходимые для расчета вентиляторов комбайнов и зер-

ноочистительных машин. Сделать заключение о возможности разделения данного вороха при помощи воздушного потока.

2.2 Оборудование и приборы. Порционный парусный классификатор ППК-ВИМ, весы ВЛТК-500, тягонапоромер ТНЖ-Н, секундомер.

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Изучить устройство и работу парусного классификатора ППК-ВИМ, трубки Пито и тягонапоромера ТНЖ-Н.

Порционный парусный классификатор ППК-ВИМ предназначен для разделения навески зерновой смеси в вариационный ряд по парусности.

Классификатор (рис.1) имеет стол-станину 1, на которой смонтирован вентилятор (аспиратор), последний имеет два всасывающих и нагнетательный воздухопроводы, причем всасывающие воздухопроводы через циклон сообщаются с рабочим воздухопроводом. Воздухопровод имеет заслонку 6 со сменной сеткой и обечайку 2, в которую засыпается исходный зерновой материал. Обечайка крепится на воздухопроводе рычажным устройством. Привод вентилятору сообщается от электродвигателя 9.

Напор воздушного потока всасывающего действия в воздухопроводе регулируется регулятором. Напор воздушного потока замеряется аэродинамической трубкой Пито, вставляемой в вертикальную трубку и тягонапоромером. Трубка Пито имеет наконечник с полусферической головкой на конце, которым она устанавливается навстречу воздушному потоку. В передней части наконечника имеется отверстие диаметром $0,3d$, воспринимающее и передающее полный напор, которое сообщается резиновой трубкой с резервуаром тягонапоромера. В боковых стенках наконечника трубки имеются отверстия диаметром $0,01d$, воспринимающие статический напор и тоже сообщается с трубкой тягонапоромера.

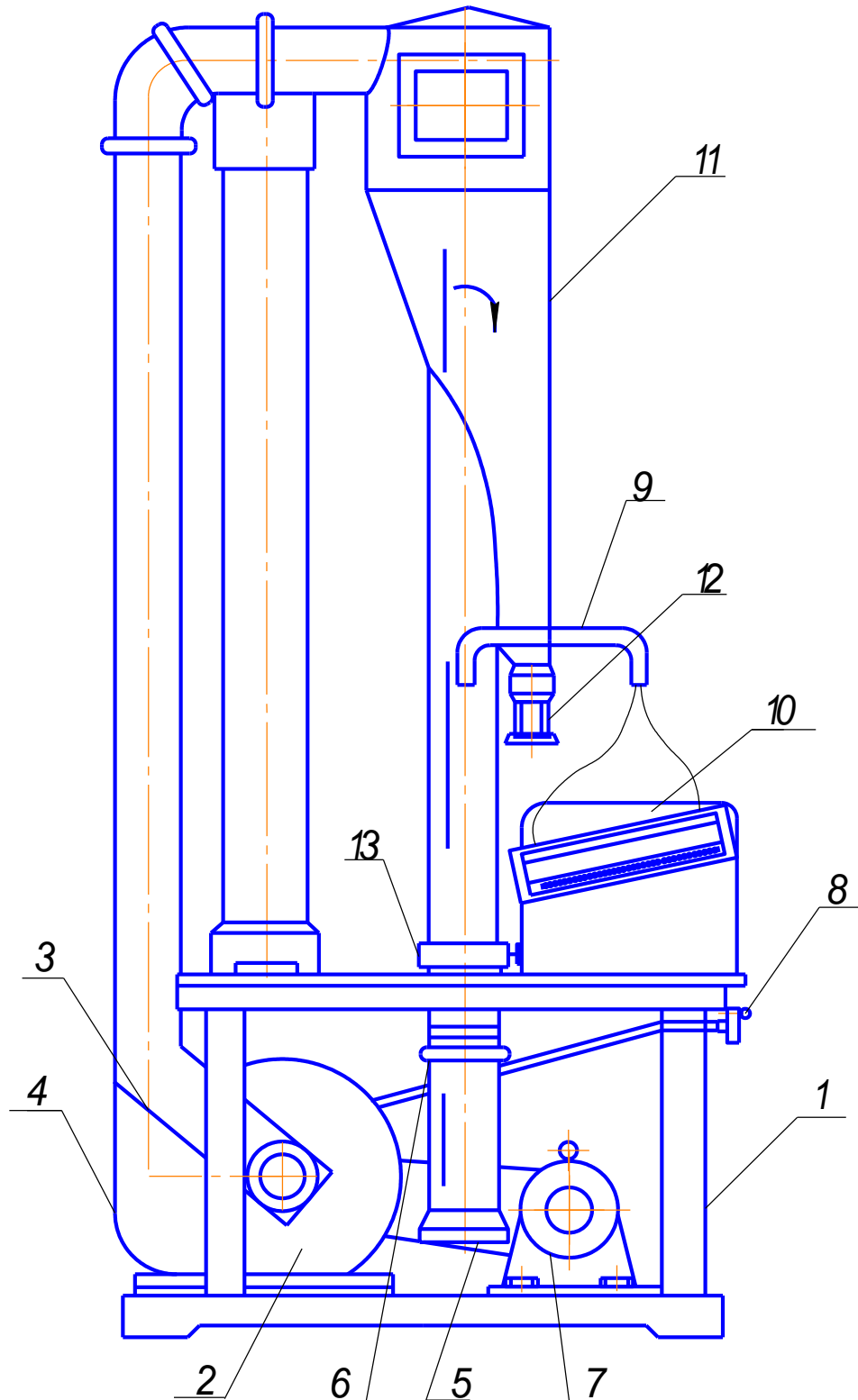


Рис. 1. Схема порционного парусного классификатора ППК-ВИМ:
 1 – стол; 2 – вентилятор; 3, 4 – всасывающие и нагнетательные трубы;
 5 – рабочий воздухопровод; 6 – заслонка; 7 – электродвигатель; 8 – регулятор
 напора; 9 – трубка Пито; 10 – тягонапоромер; 11 – циклон;
 12 – отстойник; 13 – обечайка

Действие тягонапоромера ТНЖ-Н основано на гидравлическом принципе. В качестве заполнителя применяется этиловый спирт, плотность которого должна составлять $0,8095 \text{ г/см}^3$.

2.3.2 Установить минимальную скорость воздушного потока с помощью дроссельной заслонки (регулятор напора).

2.3.3 Приготовить навеску из семян сои целой, дробленой фракции и дурнишника. Масса навески 100 г.

2.3.4 Включить классификатор и постепенно открывать дроссельную заслонку до начала выделения самой легкой фракции навески.

Записать показания h_0 шкалы тягонапоромера. Определить скорость воздушного потока до полного подъема всех частиц навески в циклон и его отстойник 3. Записать показания по тягонапоромеру и определить максимальную скорость воздушного потока. Разность максимальной и минимальной скоростей разделить на 8 равных интервалов (классов).

2.3.5 Собрать всю навеску (100 г) и поместить на сетку обечайки. Установить минимальную скорость и в течение 1 минуты продувать смесь. Включить классификатор и собрать поднятую фракцию. Постепенно, выбранными ступенями, увеличивать скорость воздушного потока до тех пор, пока вся навеска материала не поднимется в стакан отстойника. Для каждой ступени скорости (класса) найти массу выделившихся фракций отдельно (целое зерно, дробленое и дурнишник). Полученные данные записать в таблицу 1.

2.3.6 По опытным данным таблицы построить вариационные кривые по парусности (рис.2). С помощью вариационных кривых определить рабочую скорость воздушного потока, при которой будет обеспечиваться наибольшее отделение примесей (наилучшее качество основной культуры) с наименьшими потерями в отходы семян основной культуры (сои). Определить скорость воздушного потока, при котором будет выделено 70% дробленых семян.

Время продувки для научных исследований принимается 3 минуты.

2.3.7 Определить полноту выделения при выбранных рабочих скоростях по формуле

$$\varepsilon = \frac{m_e}{m_u} \cdot 100\% ,$$

где m_u – масса дурнишника и дробленых семян в исходной навеске, г;

m_e – масса выделенной части дурнишника и дробленых семян г.

2.3.8 Определить нижние и верхние пределы коэффициентов парусности основного зерна, дробленого и дурнишника.

Таблица 1

Классовый интервал	Показания тягонапоромера		Скорость м/с	Целое зерно		Дробленое		Дурнишник	
	мм рт.ст.	Па		G, г	%	G, г	%	G, г	%
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Отчет по работе

Представить заполненную таблицу 1, результаты вычисления качества очистки и значений коэффициентов парусности. Уметь сделать анализ вариационных кривых. Пример построения вариационных кривых представлен на рисунке 2.

Контрольные вопросы

1. Порядок определения критической скорости.
2. Что такое парусность, как определить коэффициент парусности?
3. Уравнение движения в вертикальном воздушном потоке.

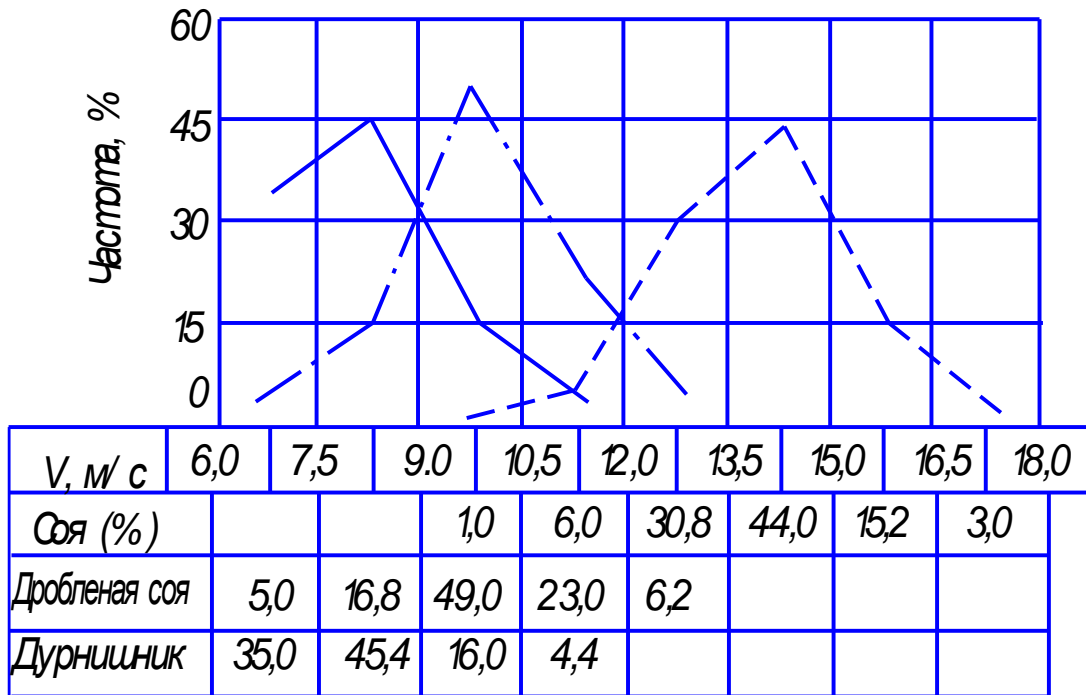


Рис. 2. Вариационные кривые по парусности вороха:

1 – целые; 2 – дробленые; 3 – дурнишник

Лабораторная работа 12

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СЛОЯ ЗЕРНА ПО РЕШЕТУ

1 Теоретическая часть

Для эффективного процесса разделения семян на плоском решете надо обеспечить характер относительного движения слоя семян по решету с такими относительными сдвигами и скоростями, при которых создаются наиболее благоприятные условия для прохода семян в отверстия. Чтобы получить требуемый характер относительного движения с определенными значениями скоростей и сдвигов, необходимо правильно выбрать угол наклона решета к горизонту α , угол направленности колебаний β , амплитуду колебаний r и частоту колебаний ω .

Схема работы решета в общем виде представлена на рисунке 1.

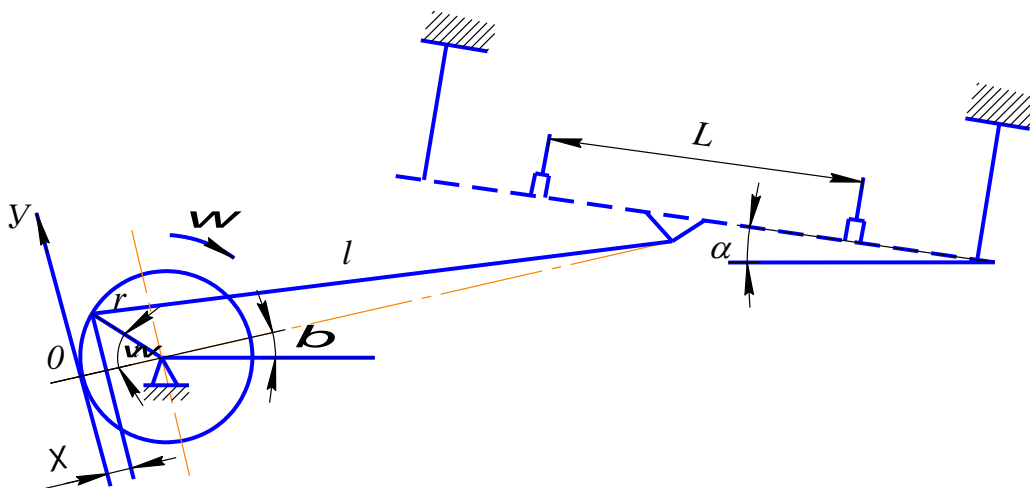


Рис. 1. Схема работы решетного стана

Закон движения решету задает кривошип. Перемещение любой точки решета есть функция проекции кривошипа на направление колебаний (ось Ox)

$$x = r(1 - \cos \omega t). \quad (1)$$

Тогда скорость и ускорение решета есть

$$V = \frac{dx}{dt} = r\omega \sin \omega t, \quad (2)$$

$$j = \frac{dV}{dt} = r\omega^2 \cos \omega t. \quad (3)$$

Рассматривая силы, действующие на частицу зернового вороха, расположенного на колеблющемся решетке, можно определить ускорение решета, при котором возможно движение частицы вниз $j_{вн}$ или вверх $j_{вв}$ по решетке. Эти ускорения определяются из выражений:

$$j_{вп} = g \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha + \beta - \varphi)}; \quad (4)$$

$$j_{вв} = g \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\alpha + \beta + \varphi)}, \quad (5)$$

где φ – угол трения частицы вороха о решетку;

g – ускорение свободного падения.

Зная ускорение решета, соответствующее сдвигу частицы вниз и вверх по решетке можно определить момент времени начала скольжения частицы вниз, и вверх по решетке. Но определить аналитически путь движения частицы вниз и вверх по решетке за одно колебание-задача сложная. Обычно для решения этой задачи пользуются графоаналитическим методом.

2 Практическая часть

2.1 Содержание работы. Для заданного решетного стана определить r , α , β , ω . Рассчитать $j_{вн}$ и $j_{вв}$ и графоаналитическим методом определить среднюю скорость движения зерна по решетке. Определить методом меченых зерен среднюю скорость движения зерна по решетке экспериментально. Сравнить полученные результаты.

2.2 Оборудование, приборы и инструменты. Лабораторная установка К-294, секундомер, тахометр, планиметр, штангенциркуль, линейка, угломер, зерновая смесь и меченые зерна.

Для ускорения расчетов звену выдается готовый совмещенный график скорости и ускорения, рассчитанный по уравнениям (2) и (3).

2.3. Порядок выполнения работы

2.3.1 Определить r , α , β , ω .

1. Амплитуду колебания решета r определяют с помощью миллиметрового листа бумаги и карандаша, закрепленного на раме. Проворачивая вручную приводной механизм, записать двойную амплитуду решетного стана A .

$$r = \frac{A}{2}$$

2. Наклон решета α и направленность колебаний β определяют с помощью угломера.

3. Частоту колебаний решетного стана n определяют тахометром, а угловую скорость по формуле $\omega = \frac{\pi n}{30}$.

2.3.2 Рассчитать ускорение решета, при котором частица начинает двигаться вниз (4) и вверх по решетку (5).

Для расчетов преподаватель в звене может задать разные варианты из таблицы 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Вариант	$r, м$	ω, C^{-1}	α°	β°	φ
1	0,006	36,63	7	0	25
2	0,007	34,5	5	2	27
3	0,008	33,5	6	4	28
4	0,009	32,5	5	0	35
5	0,010	31,4	7	5	30

2.3.3 На графике ускорений (рис. 2) в принятом масштабе нанести линии $a - a$ и $b - b$, соответствующие ускорениям j_{en} и j_{ee} . Масштаб ускорения

рассчитать по формуле:

$$\mu_j = \frac{\omega^2 r}{C}, (\text{м/с}^2)/\text{мм}, \quad (6)$$

где C – ордината наивысшей точки графика ускорения.

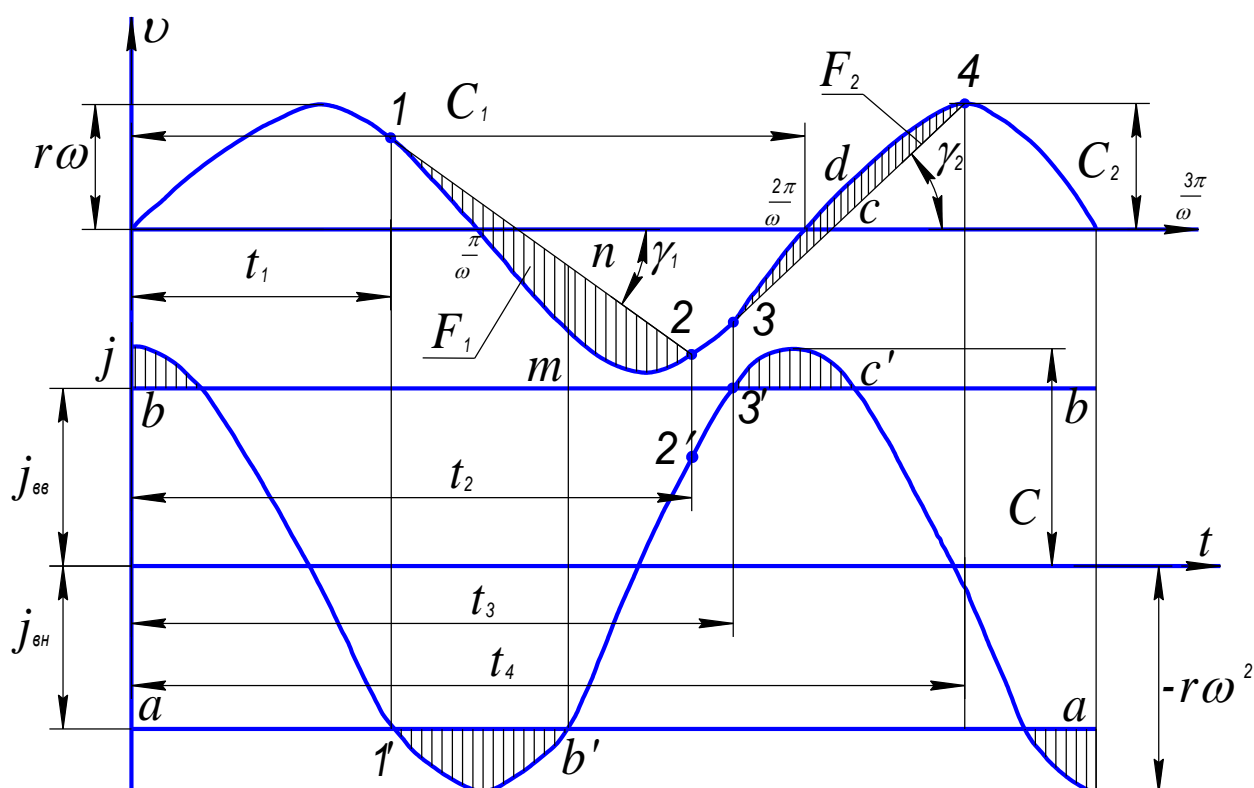


Рис. 2. Графики скоростей и ускорений решетного стана
и зернового материала

2.3.4 В момент времени t_1 (точка 1) частица начнет двигаться вниз по решетке. При этом скорость решета будет определяться ординатой точки 1. Далее зерно перемещается самостоятельно.

Считаем, что оно перемещается со скоростью, подчиняющейся линейному закону. Угол наклона прямой определяется по выражению:

$$\text{tg} \gamma_1 = j_{\text{вн}} \frac{\mu_t}{\mu_v}, \quad (7)$$

где μ_t – масштаб времени, $\mu_t = \frac{2\pi}{\omega_0 \cdot C_1}$;

μ_v – масштаб скорости, $\mu_v = \frac{r\omega}{C_2}$;

C_1 и C_2 – соответственно, длины в мм оси абсцисс от 0 до $\frac{2\pi}{\omega}$ и орди-

наты наивысшей точки графика скорости.

2.3.5 Провести из точке 1 под углом γ_1 , прямую до пересечения с синусоидой графика скорости в точке 2. Прямая 1 – 2 характеризует изменение абсолютной скорости частицы. Разница между синусоидой и прямой показывает относительную скорость движения частицы по решетке. Максимум ее равен отрезку mn , где ускорение решетки равно j (т. b').

В момент времени t_2 , относительное движение частицы закончится и далее она перемещается совместно с решеткой.

В момент времени t_3 , соответствующем началу движения частицы вверх по решетке, частица начнет двигаться вверх по решетке. Учитывая предположение о линейности относительного движения частицы, проводим прямую под углом γ_2 . Угол γ_2 определяют по выражению

$$\operatorname{tg}\gamma_2 = j_{\text{вв}} \frac{\mu_t}{\mu_v}. \quad (8)$$

Относительная скорость достигнет наибольшего значения в момент времени, когда линия $v - v$ пересечет косинусоиду ускорений в т. C' .

В момент времени t_4 относительное движение частицы прекратится и она будет находится в относительном покое до т. 1.

Площади F_1 и F_2 , заключенные между синусоидой скоростей и прямыми линиями в принятом масштабе представляют собой отрезки пути, пройденные частицей вниз и вверх. По разности $(F_1 - F_2)$ можно судить об абсолютном перемещении частицы за полный период колебаний $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

2.3.6 Замерить планиметром площади F_1 и F_2 и рассчитать среднюю

скорость движения зерна по решетку по формуле:

$$v_{cp}^{\Gamma} = \rho \frac{(F_1 - F_2) \mu_t \cdot \mu_v \cdot \omega}{2\pi}, \quad (9)$$

где ρ – коэффициент, учитывающий внутреннее трение вороха, соударение частиц, перекачивание и другие явления, $\rho = 0,4 \dots 0,7$. Нижний предел для плоских семян, верхний для круглых.

2.3.7 Засечь время перемещения меченого зерна между упорами на решетке. При расстоянии L между упорами и времени t перемещения средняя скорость перемещения меченого зерна равна:

$$v_{cp}^{\Xi} = \frac{L}{t}. \quad (10)$$

Опыт провести трижды и определить среднее значение.

2.3.8 Сравнить скорости, определенные графоаналитическим методом v_{cp}^{Γ} и экспериментальным путем v_{cp}^{Ξ} .

Какой из вариантов, предложенный в таблице 1, ближе соответствует действительности?

Отчет по работе

Каждый студент представляет результаты расчетов и должен объяснить по общему на звено рисунку 2 методику определения v_{cp}^{Γ} .

Контрольные вопросы

1. Что такое средняя скорость движения зерна по решетку и отчего она зависит?
2. Как подсчитать масштаб скорости, времени и ускорения?
3. Как пользоваться планиметром при определении площади?

Лабораторная работа 13

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТРИЕРА

1 Теоретическая часть

Для разделения зернового материала на составляющие его фракции по длине применяются ячеистые поверхности. При вращении цилиндра частицы короткой фракции материала западают в ячейки, поднимаются ими на определенную высоту и выбрасываются в лоток, а частицы длиной фракции скользят по внутренней поверхности цилиндра.

При некоторых условиях (состояние поверхностей цилиндра и зерна, режим работы цилиндра) длинные частицы, соприкасающиеся с ячеистой поверхностью и неужившиеся в них, могут быть затянуты на угол α_c (рис.1):

$$\alpha_c = \varphi + \arcsin(k \sin \varphi), \quad (1)$$

где φ – угол трения частицы о поверхность цилиндра;

k – показатель кинематического режима.

$$k = \frac{\omega^2 R}{g}. \quad (2)$$

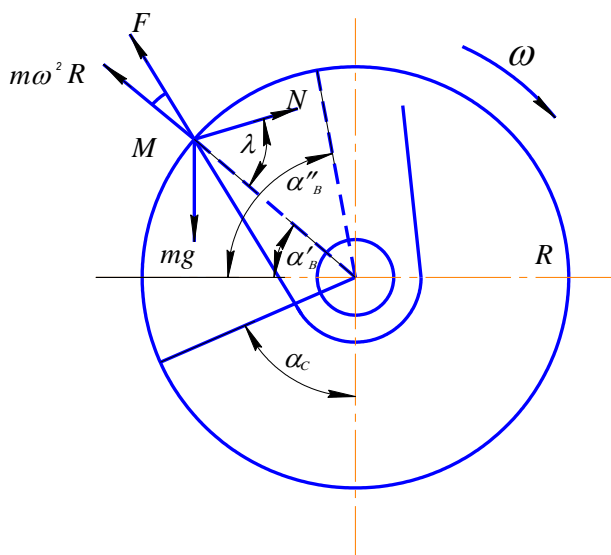


Рис.1. Схема работы триерного цилиндра

При вращении цилиндра с угловой скоростью ω на зерно, попавшее в ячейку, действуют следующие силы (рис.1).

- а) масса зерна $G = mg$;
- б) сила трения $F = Ntg\varphi$;
- в) сила инерции $m\omega^2 R$ (R – радиус цилиндра);
- г) нормальная реакция N .

Очевидно, что зерно будет находиться в состоянии относительного покоя, пока соблюдается условие:

$$N \cdot tg\varphi + m\omega^2 R \sin \lambda \geq mg \cos(\lambda - \alpha), \quad (3)$$

где
$$N = m\omega^2 R \cos \lambda + mg \sin(\lambda + \alpha).$$

После подстановки в уравнение (3) получим

$$k = \sin(\lambda + \alpha) \geq \cos(\lambda + \varphi - \alpha), \quad (4)$$

где λ – угол, характеризующий направление силы нормального давления;
 g – ускорение силы тяжести.

При некотором значении α уравнение (4) станет равенством и в последующий момент времени относительный покой частицы будет нарушен. Таким образом, угол $\alpha_в$ угол выпадения зерна из ячейки. Но так как угол трения φ для частицы варьирует от φ_{min} до φ_{max} , а угол λ у существующих штампованных ячеек $\approx \frac{\pi}{2}$, то можем определить границы зоны выпадения зерна.

$$\begin{aligned} \alpha'_a &= \frac{\pi}{2} + \varphi_{min} - \arccos(k \cos \varphi_{min}), \\ \alpha''_a &= \frac{\pi}{2} + \varphi_{max} - \arccos(k \cos \varphi_{max}). \end{aligned} \quad (5)$$

Из данных уравнений видно, что угол выпадения частицы из ячеек для данного триера зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, характеризуемых углом трения и показателем кинематического режима.

Для того чтобы частицы успели выпасть из ячеек и выделиться в лоток, величину показателя кинематического режима принимают для тихоходных

триеров $k = 0, 2 \dots 0, 3$ и для быстроходных – $k = 0, 6 \dots 0, 7$.

В существующих конструкциях триеров угол выпадения частицы из ячеек α не регулируют угловой скоростью вращения цилиндра. Для удовлетворительного сбора частиц, выпадающих из ячеек, достаточно изменить положение лотка. Последний устанавливают так, чтобы в него попало максимальное количество зерна короткой фракции и минимум частиц длинной фракции.

Эффективность работы триера зависит от количества материала (нагрузки) Q , попадаемого в цилиндр в единицу времени.

Эффективность процесса выделения длинной примеси определяется показателем технологического эффекта сепарации

$$E = \frac{(a_1 - \varphi_{12})(\varphi_{11} - a_1)}{(\varphi_{11} - \varphi_{12})(1 - a_1)a_1}, \quad (6)$$

где φ_{11} – содержание семян основной культуры в очищенном зерне или чистота готового материала в долях единицы;

φ_{12} – содержание семян основной культуры в отходах в долях единицы;

a_1 – содержание семян основной культуры в исходной смеси или чистота исходного материала в долях единицы.

2. Практическая часть

2.1 Содержание работы. Установить лоток триера, по определенным ранее углам α'_e, α''_e . Опытным путем определить влияние нагрузки на показатель технологического эффекта сепарации. Построить график зависимости E от Q .

2.2 Оборудование, приборы, инструменты. Лабораторная установка К-294 «Петкус». Дополнительно требуются: весы, секундомер, тара для зерна, транспортер, штангенциркуль, делитель пробы на равные части.

Лабораторная установка (рис. 2) состоит из бункера 6 с вибрационным питателем 5, цилиндра 4, внутри которого установлен лоток 8. Привод рабочих органов установки осуществляется от электродвигателя-редуктора 2 и ременную передачу 3. Все рабочие органы закреплены на раме 1.

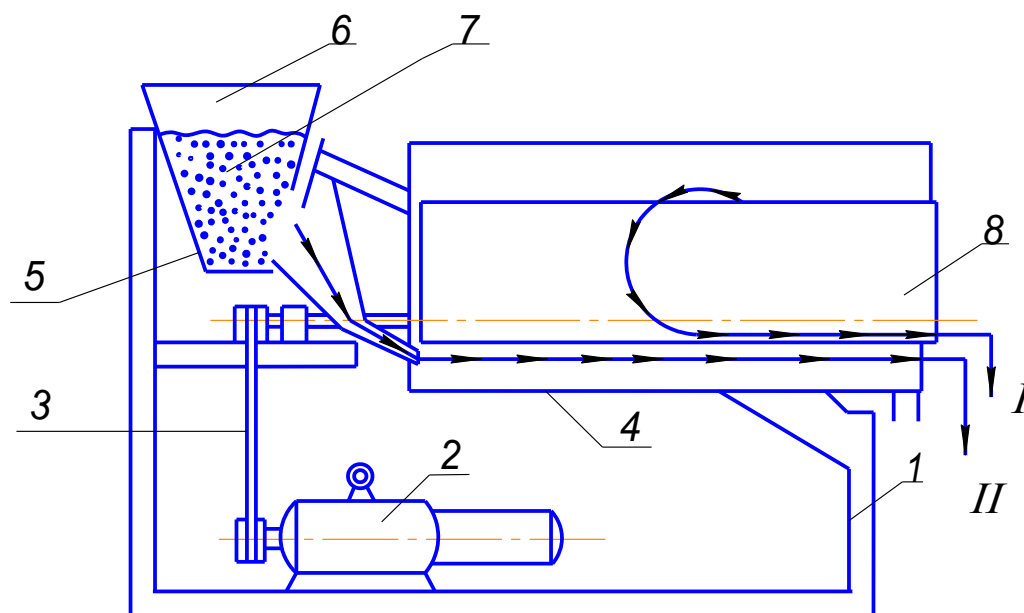


Рис. 2. Схема лабораторного триера

Работа выполняется на установке с овсюжным цилиндром 4. Исходный материал из бункера 6 поступает в цилиндр 4. Нагрузка меняется заслонкой 7 и амплитудой колебания питателя 5. При вращении цилиндра частицы короткой фракции выбрасываются ячейками в лоток (выход I), а частицы длинной фракции идут сходом с цилиндра (выход II). Положение лотка относительно зоны выпадения можно изменить при помощи специального приспособления. Углы выпадения α'_e , α''_e частиц короткой фракции из ячеек при работе триера определяют транспортиром и сравнивают с углами, определенными по формулам (5).

2.3. Порядок выполнения работы.

2.3.1 Снять кинематические, размерные характеристики цилиндра триера. Для этого определить:

- а) диаметр и длину рабочей поверхности цилиндра, м;
- б) частоту вращения цилиндра (n об/мин при помощи секундомера).

2.3.2 Определить показатель кинематического режима триера по формуле:

$$k = \frac{R\omega^2}{g} = \frac{\pi^2 n^2 R}{900g}. \quad (7)$$

2.3.3 Определить угол затаскивания длинных частиц α_c с помощью транспортира и сравнить с расчетным значением по уравнению (1). Значение угла трения φ принять равным 30° .

2.3.4 Определить углы выпадания из ячеек: α'_e и α''_e с помощью транспортира и сравнить с расчетными по формулам (5) ($\varphi_{min} = 25^\circ$, $\varphi_{max} = 35^\circ$).

2.3.5 Приготовить исходную смесь. Для этого взять в соотношении 80% пшеницы и 20% длинной фракции (овес, ячмень, овсюг). Тщательно перемешать смесь. Величина a_1 – содержание семян основной культуры (пшеницы) определится из выражения:

$$a_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2}, \quad (8)$$

где G_1 – масса основной культуры;

G_2 – масса длинной фракции.

Для нашего соотношения (80 и 20%) a_1 будет равно 0,8.

Засыпают исходную смесь в бункер 6.

2.3.6 Определить количество и качество материала, выбрасываемого рабочей поверхностью цилиндра в лоток (выход I – G'_1) и идущего сходом с цилиндра (выход II – G'_2) при пяти разных нагрузках Q . Величину и интервал нагрузок выбрать с таким расчетом, чтобы при опытах ячеистая поверхность работала и в условиях перегрузок.

Длительность опыта – время освобождения бункера – регулируется ручкой вибратора и заслонкой.

После освобождения бункера прокрутить цилиндр в течение 20 секунд для освобождения полости цилиндра.

Для сбора выхода I вынимаем лоток 8 и взвешиваем его содержимое. Для сбора выхода II снять цилиндр и освободить его от длинных примесей внутри цилиндра.

Качество материала каждой фракции I и II при разных нагрузках определяем разбором выходов G'_1 и G'_2 на основной материал (пшеница) и примеси (длинная фракция – овес, овсюг, ячмень).

Обозначим: g_1, g_2 – масса семян пшеницы соответственно в очищенном материале (G'_1) и в отходах (G'_2); g_3, g_4 – масса длинных примесей соответственно в очищенном материале (G'_1) и в отходах (G'_2).

Для облегчения разбора проб используем делитель пробы на равные по составу части. Делителем можно уменьшить количество материала для разбора на составляющие его фракции в 2...4 раза. Масса пробы должна быть 50...100 г. После разбора умножать массу соответствующей фракции на величину ее уменьшения (2; 4 раза) Качественные показатели определяют по формулам:

$$\varphi_{11} = \frac{g_1}{g_1 + g_2}; \quad \varphi_{12} = \frac{g_3}{g_3 + g_4},$$

где φ_{11} – содержание семян основной культуры (пшеницы) в очищенном материале (G'_1) в долях единицы;

φ_{12} – содержание семян основной культуры (пшеницы) в примесях (G'_2) в долях единицы.

2.3.7 Определить технологический эффект сепарации E по формуле 6.

Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№ опыта	Длительность опыта t, c	Масса выхода						φ_{11}	φ_{12}	$Q = \frac{G'_1 + G'_2}{t}$	E
		G'_1	в том числе		G'_2	в том числе					
			g_1	g_2		g_3	g_4				
1											
2											
3											
4											
5											

2.3.8 Построить график зависимости технологического эффекта сепарации E от нагрузки Q .

Контрольные вопросы

1. Что характеризует показатель кинематического режима триера k ?
2. Что такое a_1 ?
3. Что выражает показатель технологического эффекта E ?
4. Какая оптимальная нагрузка на данный триер (из графика)?

Учебное издание

*Бумбар Иван Васильевич,
Парубенко Анатолий Владимирович,
Рузайкин Юрий Львович*

**ПРАКТИКУМ
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ МАШИНАМ**

Учебное пособие

В редакции составителей

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 26.02.2015 г. Формат 60×90/8.
Уч.-изд.л. – 5,0. Усл.-п.л. – 14,0.
Тираж 100 экз. Заказ 58.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

