

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

А.С. Вишняков, М.В. Богиня, О.В. Лисунов

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Рекомендовано научно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия»

Красноярск 2017

ББК 40.728я73

В55

Рецензенты:

Трубников Ю.Н., д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела агротехнологий Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства

Цай Ю.Т., канд. техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Сибирского государственного технологического университета

В 55 Вишняков, А.С.
Обоснование технологических параметров рабочих органов зерноочистительных машин: учеб. пособие / А.С. Вишняков, М.В. Богиня, О.В. Лисунов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 100 с.

Рассмотрены вопросы по обоснованию технологических параметров основных рабочих органов зерноочистительных машин, позволяющих эффективно и качественно настроить их на режимы очистки и сортирования зерновых смесей стебельных сельскохозяйственных культур.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», обучающихся по профилям «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в агропромышленном комплексе», «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Института управления инженерными системами Красноярского ГАУ.

ББК 40.728я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ЗЕРНООЧИСТКА В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ УРОЖАЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР.....	6
1.1 Требования к зерну и семенам в зависимости от назначения и задачи послеуборочной их обработки.....	6
1.2 Признаки делимости зерновой смеси и рабочие органы для их реализации.....	9
1.3 Характеристики изменчивости признаков делимости. Ва- риационные и интегральные кривые, их построение и анализ.....	10
2 РАЗДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ПО АЭРОДИНАМИ- ЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ.....	15
2.1 Технические средства для разделения зерновой смеси по аэродинамическим признакам.....	15
2.2 Вентиляторы зерноочистительных машин и их классифи- кация.....	21
2.3 Оценочные показатели рабочего процесса вентилятора.....	25
2.3.1 Количественные показатели вентилятора.....	25
2.3.2 Маркировка вентиляторов.....	27
3 РАЗДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ НА РЕШЕТАХ.....	30
3.1 Классификация решет.....	30
3.2 Кинематика плоского колеблющегося решета.....	31
3.3 Силы, действующие на частицы зерновой смеси, распо- ложенные на колеблющемся решете.....	33
3.4 Условия перемещения частиц зерновой смеси вниз по ко- леблющемуся решету.....	35
3.5 Условия отрыва частиц зерновой смеси от поверхности ко- леблющегося решета.....	38
3.6 Условия перемещения частиц зерновой смеси вверх по ко- леблющемуся решету.....	40
3.7 Предельная скорость перемещения частиц зерновой смеси по колеблющемуся решету.....	43
4 РАЗДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ОЧИЩАЕМОГО МАТЕРИАЛА ТРИЕРАМИ.....	46
4.1 Назначение, типы и технологический процесс работы ци- линдрического триера.....	46
4.2 Угол затаскивания длинных частиц очищаемого материала рабочей поверхностью цилиндрического триера.....	49

4.3 Угол подъема коротких частиц очищаемого материала ячейкой цилиндрического триера.....	51
4.4 Выпадение коротких частиц очищаемого материала из ячеек цилиндрического триера и показатель кинематического режима его работы.....	53
4.5 Улавливание коротких частиц очищаемого материала лотком цилиндрического триера.....	54
5 ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ.....	57
5.1 Воздушные системы для выделения легких примесей из очищаемого зернового материала.....	57
5.2 Очистка и сортирование очищаемого зернового материала плоскими колеблющимися решетками.....	58
5.3 Очистка и сортирование зернового материала цилиндрическим триером.....	59
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ И ЗАДАЧИ ПО РАБОЧИМ ОРГАНАМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН.....	60
По колеблющемуся решетку.....	60
По цилиндрическому триеру.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	98
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Создание гарантированных зерновых запасов остается важнейшей задачей сельскохозяйственного производства России. Уровень производства зерна определяет степень продовольственной безопасности страны. В Постановлении Правительства РФ от 14.07.2012 г. «О развитии сельского хозяйства на период 2013–2020 гг.» предусматривается довести производство зерна до 115 млн т, а экспортный его потенциал – до 30 млн т. Зерно и семена являются основным сырьем для перерабатывающей промышленности, производящей хлебобулочные, макаронные, крупяные и другие виды потребляемой человеком продукции. В результате специальной переработки из зерна и семян получают продовольственные и технические масла, топливо для двигателей внутреннего сгорания, высококачественный спирт для ликероводочной промышленности, ценных лекарственных средств и парфюмерной продукции. Зерно в цельном виде либо как результат его переработки является ценным кормом для всех отраслей животноводства. И наконец, зерно и семена используются человеком как семенной материал для воспроизводства их в последующие годы.

Увеличение валовых сборов зерна и уменьшение удельных затрат на его производство возможны лишь путем разработки и внедрения высокоэффективных технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна и семян сельскохозяйственных культур.

Завершающий этап получения готовой продукции в виде зерна и семян сельскохозяйственных культур предусматривает их уборку мобильными машинами и послеуборочную обработку – стационарными. Мобильной машиной является зерноуборочный комбайн. Процесс работы комбайна позволяет получать готовый продукт не в виде чистого зерна и семян, а в виде зерновой смеси, включающей зерно, семена убираемой культуры и примеси. Послеуборочную обработку зернового вороха производят стационарными машинами, входящими в состав зерноочистительных комплексов.

1 ЗЕРНООЧИСТКА В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ УРОЖАЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Зерно вместе с примесями транспортом доставляется на стационарные пункты послеуборочной обработки для получения готовой продукции в виде зерна и семян, отвечающих определенным требованиям в зависимости от их назначения.

1.1 Требования к зерну и семенам в зависимости от назначения и задачи послеуборочной их обработки

Производимое зерно и семена сельскохозяйственных культур могут использоваться по различным направлениям. В зависимости от назначения они разделяются:

- на продовольственное;
- семенное;
- техническое;
- фуражное.

К каждой из этих групп предъявляются свои требования.

Продовольственное зерно должно удовлетворять требованиям базисной и ограничительной кондиций (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Кондиции продовольственного зерна

Культура	Базисная кондиция			Ограничительная кондиция		
	Влажность, %	Примеси, %		Влажность, %	Примеси, %	
		сорная	зерновая		сорная	зерновая
Пшеница мягкая и твердая	14...17	1	2	19	5	15
Рожь	14...17	1	1	13...19	5	15
Ячмень	14...17	1	2	13...19	5	15
Овес	14...18	1	2	20	8	15
Рапс	12	2	6	15	5	10
Гречиха	14...15	1	1	17...19	7	8

Более жесткие требования предъявляются к семенному зерну, которое разделяется на категории: оригинальные (ОС), элитные (ЭС), репродукционные для семенных (РС) и товарных (РС_Т) целей.

К оригинальным (ОС) относятся семена первичных звеньев семеноводства питомников размножения суперэлиты.

Элитные семена (ЭС) получают последующим размножением оригинальных семян в семеноводческих хозяйствах. Эти хозяйства поддерживают характерные положительные качества сорта, районированного для данного района, размножая оригинальные семена.

Репродукционными считаются семена, полученные от последовательного пересева элитных семян (первое и последующие поколения).

Требования, предъявляемые к семенному зерну, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Требования к сортовым и посевным качествам семян

Семена с.-х. культур	Категория семян	Чистота, %	Примеси, шт/кг		Всхожесть*, %	Влажность, %
			всего	сорняков		
Пшеница яровая мягкая и твердая	ОС	99	8	3	92/90	14
	ЭС	99	10	5	92/90	
	РС	98	40	20	92/90	
	РС _Т	97	200	70	87/85	
Ячмень яровой	ОС	99	8	3	92	14
	ЭС	99	10	5	92	
	РС	98	80	20	92	
	РС _Т	97	300	70	97	
Рожь озимая	ОС	99	8	3	92	14
	ЭС	99	10	5	92	
	РС	98	60	30	92	
	РС _Т	97	200	70	87	

* в числителе – для мягкой, в знаменателе – для твердой пшеницы.

Требования на фуражное зерно, которое используется в хозяйствах на кормовые цели, государственным стандартом не предусмотрены.

Зерно и семена различных культур, полученные при их обмоло-те комбайнами, не удовлетворяют перечисленным выше требованиям. В связи с этим они подвергаются послеуборочной обработке, которая заключается в очистке, сортировании, калибровании и сушке.

Очисткой предусматривается выделение всех примесей из зерновой смеси для получения зерна или семян какой-либо культуры в чистом виде.

Сортирование – это разделение зерна или семян, прошедших очистку, на фракции в зависимости от их назначения (продовольственное и др.).

Очистка и сортирование, как правило, сочетаются в одной зерноочистительной машине, которые разделяются на машины предварительной, первичной и вторичной очистки.

Предварительная очистка свежесобранного зернового вороха проводится для обеспечения благоприятных условий при выполнении последующих операций, главным образом перед сушкой. Этой операцией из зернового вороха выделяют крупные (иногда мелкие) примеси, что повышает сыпучесть зерновой массы и предотвращает застревание ее между коробами шахтных сушилок. Машины должны обрабатывать ворох влажностью до 40% с содержанием сорных примесей до 20%, в том числе солоmistых до 5%. После предварительной очистки крупных солоmistых примесей длиной до 50 мм должно быть не более 0,2%, при этом потери ценного зерна в отходах не должны превышать 0,05%, полнота выделения примесей не ниже 50%.

В результате предварительной очистки зерновой ворох разделяется на две фракции: очищенное зерно и отходы.

Первичную очистку проводят после предварительной очистки и сушки зернового вороха. При благоприятных погодных условиях уборки первичную очистку проводят сразу же без предварительной.

Зерно после первичной очистки должно соответствовать по чистоте нормам базисных кондиций, что выражается во влажности зерна – не более 18% и засоренности – не более 3% для большинства сельскохозяйственных культур. При этом потери зерна не должны превышать 1,5% при чистоте не ниже 97%. При первичной очистке получают очищенное зерно (продовольственное), фуражное и крупные, мелкие и легкие примеси. Полнота выделения примесей не ниже 60%.

Вторичная очистка применяется для получения семенного зерна всех категорий посевного стандарта. Потери ценного зерна не должны превышать 7% при чистоте 97...99% и всхожести 90 и 92% для категорий ОС, ЭС и РС (твердая и мягкая пшеница).

Калибрование семян – это разделение очищенных семян на фракции по их размерам. Калибрование семян, как правило, повыша-

ет качество посева пропашных культур за счет их равномерного распределения вдоль рядка.

Сушка – это процесс снижения влажности зерна от исходной до кондиционной (14...17%), благодаря чему оно может храниться длительное время. Кроме того, сушка облегчает выделение примесей при очистке, выравнивает механические свойства зерна, облегчает его транспортирование в связи с высокой его сыпучестью.

1.2 Признаки делимости зерновой смеси и рабочие органы для их реализации

Очистка и сортирование зерновой смеси на составляющие ее компоненты возможна лишь в том случае, если эти компоненты различаются между собой по какому-то признаку. Такими признаками являются различия: по аэродинамическим показателям, геометрическим размерам, форме и состоянию поверхности, плотности, электропроводности, цвету и другим показателям. Каждому признаку делимости, различающему компоненты зерновой смеси, соответствует один или несколько рабочих органов.

Разделение зерновой смеси на тяжелую и легкую фракции осуществляется в потоке воздуха, движущегося с определенной скоростью. Оно основано на различиях компонентов по аэродинамическим свойствам. Основной разделительный признак – критическая скорость (скорость витания) частиц, под которой понимают скорость воздушного потока, в котором частица находится во взвешенном состоянии (или витает в воздухе). Разделение по аэродинамическим признакам осуществляют в воздушных потоках, в которые вводится зерновая смесь, или в пневмосепараторах.

Разделение компонентов зерновой смеси по геометрическим размерам основано на различии их по трем размерам: длине, ширине и толщине.

По длине разделяют в цилиндрических и дисковых триерах, по ширине и толщине – на решетках с круглыми и продолговатыми отверстиями. Определяющим является тот наименьший размер семян, по которому происходит разделение. Для прохода семян и примесей через продолговатые отверстия им необходимо расположиться длинной своей стороной вдоль отверстия и повернуться на 90 градусов (разделение по толщине). Для прохода через круглые отверстия частицы должны оторваться от поверхности решета, принять вертикаль-

ное положение, и если диаметр отверстия достаточен для прохода частиц, они будут разделяться по ширине.

Разделение семян по плотности осуществляют в жидкостных сепараторах или на пневматических сортировальных столах.

Разделение семян по состоянию и форме поверхности производится на наклонных горках, змейках и электромагнитных сепараторах.

Частицы по цвету (фасоль, семена арбуза и др.) разделяются на установках, снабженных фотоэлементами. Семена движутся дискретным потоком (по одному) мимо фотоэлементов и возбуждают различный по силе электрический ток, который усиливается и подает сигнал на открытие того или иного клапана, направляющего темные семена в одну сторону, светлые в другую.

По электропроводимости, диэлектрической проницаемости и другим электрическим свойствам семена разделяют в электрическом поле, используя электрический и диэлектрический методы разделения.

Возможно, со временем могут открыться и другие разделяющие признаки, и на основе их созданы новые рабочие органы.

1.3 Характеристики изменчивости признаков делимости.

Вариационные и интегральные кривые, их построение и анализ

Любой признак делимости частиц характеризует ту или иную особенность их строения. Оказывается, что один и тот же признак для частиц может изменяться в определенном диапазоне. Так, например, длина зерен одного и того же сорта даже в одном колосе изменяется от какого-то минимального до максимального значения, т.е. варьирует в определенном диапазоне.

Обеспечить качественное разделение зерновой смеси на отдельные ее компоненты возможно в том случае, если известны характеристики изменчивости того или иного признака делимости. Знание характеристик изменчивости признаков делимости позволяет, во-первых, дать нужные рекомендации промышленности на изготовление рабочих органов с заданными параметрами; во-вторых, выбрать нужные признаки делимости, по которым можно разделить зерновую смесь на отдельные компоненты; в-третьих, наметить наиболее эффективную последовательность операций очистки и сортирования зерновой смеси.

Если полученные замеры какого-либо признака делимости (случайная величина, выборка, варианта) расположить в последовательности возрастания каждого последующего значения замера, то получится вариационный ряд, который имеет свои оценочные характеристики. К ним относятся: средняя арифметическая величина замеров изучаемого признака делимости, среднеквадратическое отклонение (стандартное отклонение) изучаемого признака, коэффициент вариации.

При малом количестве замеров изучаемого признака делимости, когда каждый из вариантов встречается один раз, простая средняя арифметическая (обозначается \bar{X} , M и др.) определяется по формуле

$$M = \frac{\sum \ell_i}{N}, \quad (1.1)$$

где ℓ_i – текущее значение величины (варианты) изучаемого признака делимости; N – число замеров.

Простое среднее квадратическое отклонение вычисляют по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - \ell_i)^2}{N - 1}}. \quad (1.2)$$

Об изменчивости изучаемого признака делимости в относительных единицах судят по коэффициенту вариации, который определяют по формуле

$$V = \sigma / M \cdot 100 \%. \quad (1.3)$$

При большом количестве замеров (300...500) их группируют в классы, количество которых принимают равным 5...12. Различия между классами определяются классовыми промежутками. При очистке зерна величина классового промежутка зависит как от разности, так и от принятого количества классов. Классовые промежутки при изучении геометрических размеров семян сельскохозяйственных культур принимаются равными 0,2...0,4 мм. Для мелких семян эта величина берется меньшей.

Для вычисления характеристик такого вариационного ряда составляют таблицы, аналогичные таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Вариационный ряд

Показатель	Класс						
	1-й	2-й	3-й	...	n-1	n	
Границы класса	$l_0 \dots l_1$	$l_1 \dots l_2$	$l_2 \dots l_3$...	$l_{n-2} \dots l_{n-1}$	$l_{n-1} \dots l_n$	
Среднее значение класса	l_{1cp}	l_{2cp}	l_{3cp}	...	l_{n-1cp}	l_{ncp}	
Частота	м. шт.	m_1	m_2	m_3	...	m_{n-1}	m_n
	P, %	P_1	P_2	P_2	...	P_{n-1}	P_n

Для рассмотренного вариационного ряда среднее арифметическое взвешивание определяют по формуле

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n l_{icp} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1.4)$$

или

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n l_{icp} p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (1.5)$$

где m_i – текущее количество замеров в классе; p_i – текущее количество замеров в классе (% к общему их количеству), определяемое по формуле

$$p_i = \frac{m_i}{N} \cdot 100 \%. \quad (1.6)$$

Среднее квадратическое отклонение при этом определяют по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M - l_{icp})^2 \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}} \quad (1.7)$$

или

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M - l_{icp})^2 \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}}. \quad (1.8)$$

Для анализа вариационных рядов с целью правильного и эффективного выбора признака делимости зерновой смеси их изображают в виде графиков, которые называют вариационными кривыми распределения выбранного размера (признака делимости). По оси абсцисс этого графика откладывают значения, соответствующие среднему их размеру каждого класса, а по оси ординат – частоту в процентах (как правило) частиц в пределах этих классов. Возможность разделения

частиц смеси оценивают по взаимному расположению вариационных кривых основной культуры и примесей. При этом возможны следующие виды разделения смеси:

полное – кривые 1 и 2 компонентов смеси не перекрываются (рисунок 1.1, а) одна другой;

частичное – нисходящая ветвь одной кривой и восходящая другой пересекаются (рисунок 1.1, б). В этом случае возможны различные варианты разделения, но ни одного компонента в чистом виде и без потерь выделить не удастся;

разделение невозможно (рисунок 1.1, в), если кривые накладываются одна на другую.

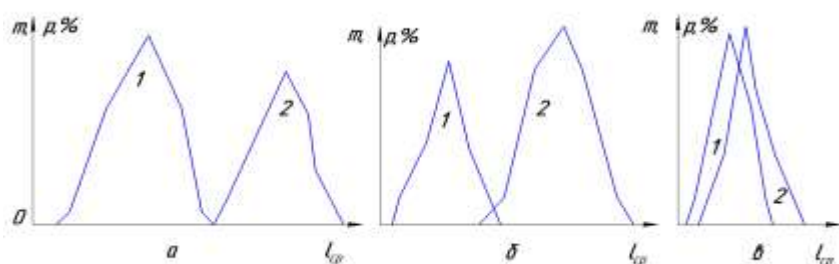


Рисунок 1.1 – Вариационные кривые: а – полное разделение; б – частичное разделение; в – разделение невозможно; 1 и 2 – компоненты разделяющих частиц

Для облегчения построения вариационных рядов и соответствующих им вариационных кривых используют различные классификаторы (решетные, пневматические и др.).

Закономерность изменения какого-либо признака делимости частиц зерновой смеси в большинстве случаев подчиняется закону нормального распределения. Вариационные кривые, подчиняющиеся этому закону, имеют колоколообразный вид, симметричный относительно размера, равного среднеарифметическому. При нормальном законе распределения в пределах между $M-3\sigma$ и $M+3\sigma$ ($M\pm 3\sigma$) размещается 99,7% всего количества проведенных замеров.

Эта особенность нормального распределения дает возможность составить таблицу значений нормального интеграла для 10000 вариантов, позволяющую строить теоретические вариационные кривые при известных значениях среднего квадратичного отклонения σ и средней величины M .

Графически вариационный ряд может быть представлен в виде интегральной кривой, оси координат которой аналогичны осям координат вариационной кривой (рисунок 1.2). Особенностью построения интегральной кривой является суммирование процентов с нарастающим итогом. Ось ординат показывает общий процент замеров (вариант) с размерами от минимального до любого другого, указанного на оси абсцисс. Согласно рисунку 1.2, выделенная часть компоненты 1 в чистом виде будет составлять лишь P_1 процент от общего ее количества. Если интегральные кривые не перекрывают одна другую, то возможно полное разделение компонент в чистом виде.

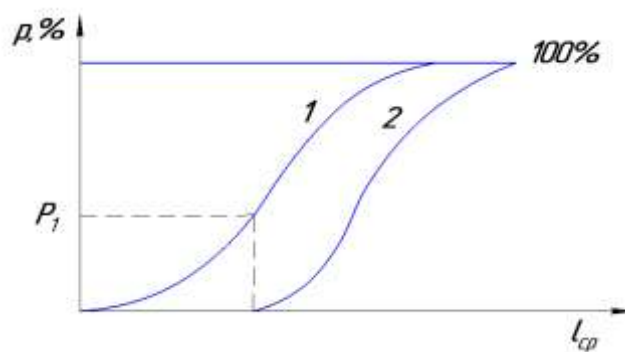


Рисунок 1.2 – Интегральные кривые: 1 и 2 – компоненты смеси

2 РАЗДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ПО АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

В основу разделения частиц зерновой смеси по аэродинамическим свойствам положены их различия в сопротивлении при взаимодействии с окружающей средой или воздушными потоками.

2.1 Технические средства для разделения зерновой смеси по аэродинамическим признакам

Показателями, определяющими аэродинамические свойства частиц зерновой смеси, являются их критическая скорость и коэффициент парусности.

Разделение по этим показателям может осуществляться различными техническими средствами. При одном из них зерновая смесь с большой скоростью, значительно превышающей критическую скорость зерна, вбрасывается в окружающую среду, где скорость воздуха практически равна нулю. По этому принципу работает ленточный зернопульт (рисунок 2.1).

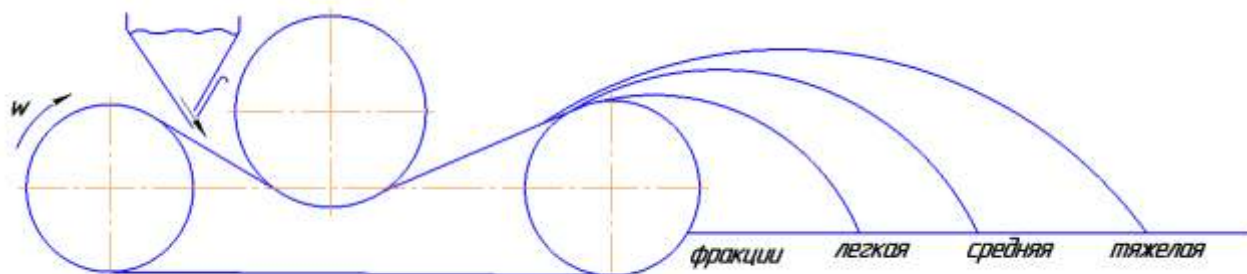


Рисунок 2.1 – Ленточный зернопульт

Данный способ не обеспечивает качественной очистки и используется в тех случаях, когда необходимо освободить зерно от большого количества легких примесей и частично снизить его влажность (перелопачивание зерна).

Более широкое применение нашел способ очистки, когда зерновая смесь со скоростью, близкой к нулю, вводится в воздушный поток, создаваемый вентилятором, скорость которого меньше критической скорости очищаемой культуры. В зависимости от направленности воздушного потока разделение смеси может осуществляться в го-

ризонгальном, наклонном и вертикальном (нагнетательном или аспирационном) каналах.

Воздушные горизонтальные потоки используются в большей части для транспортирования зерна или примесей на большие расстояния.

При работе наклонного воздушного потока его скорость выбирается такой, чтобы вертикальная составляющая была меньше критической скорости зерна (рисунок 2.2).

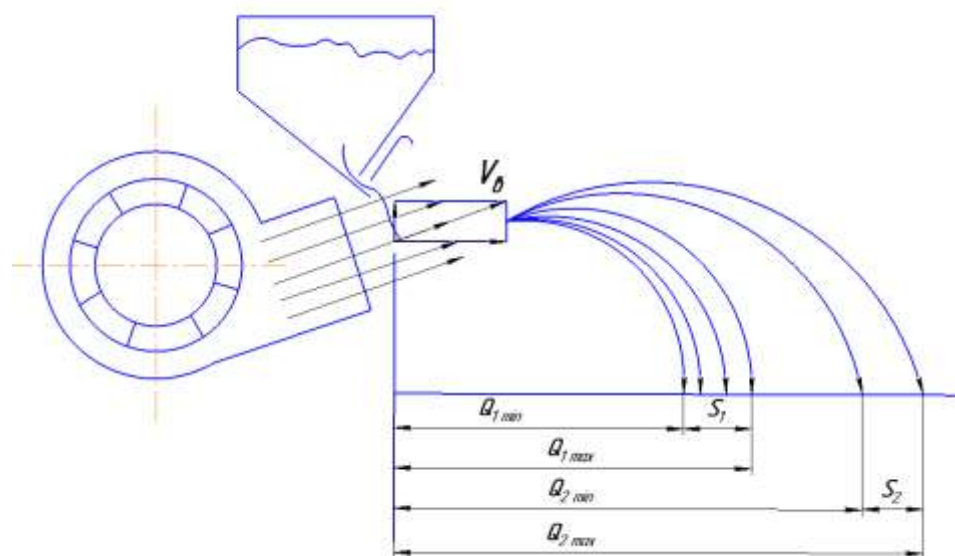


Рисунок 2.2 – Наклонный воздушный поток: S_1 – зона рассеивания тяжелой компоненты; S_2 – зона рассеивания легкой компоненты

Из-за постоянно меняющегося положения частиц в воздушном потоке и его неравномерности тяжелые частицы могут распределяться в пределах от $a_1 \min$ до $a_1 \max$, при зоне рассеивания S_1 . Легкие частицы будут распределяться в пределах от $a_2 \min$ до $a_2 \max$, при зоне рассеивания S_2 . Полное разделение возможно лишь в том случае, если зоны S_1 и S_2 не перекрываются. Разделение частиц в наклонном воздушном потоке на отдельные фракции зависит от количества отборников, устанавливаемых в зонах рассеивания S_1 и S_2 .

Для обеспечения эффективной работы наклонного воздушного потока необходимы следующие условия:

- угол наклона к горизонту должен составлять $20 \dots 30^\circ$;
- скорость потока должна быть $4 \dots 7$ м/с;
- расход воздуха на 1 кг зерновой смеси должен составлять $1,5 \dots 1,8$ м³/ч.

Вертикальные воздушные потоки являются составными частями сложных зерноочистительных машин или основным рабочим органом простой зерноочистительной машины-пневмоколонки. Вертикальные воздушные потоки бывают нагнетательного и всасывающего (аспирационного) действия. В пневмоколонках чаще используется нагнетательный поток, а в зерноочистительных машинах – всасывающий. Последний создает меньшую запыленность помещений, в которых работает зерноочистительная машина. Для нагнетательных воздушных потоков характерна нижняя (в начале канала) установка вентилятора (рисунок 2.3, а). Его рабочий процесс протекает следующим образом.

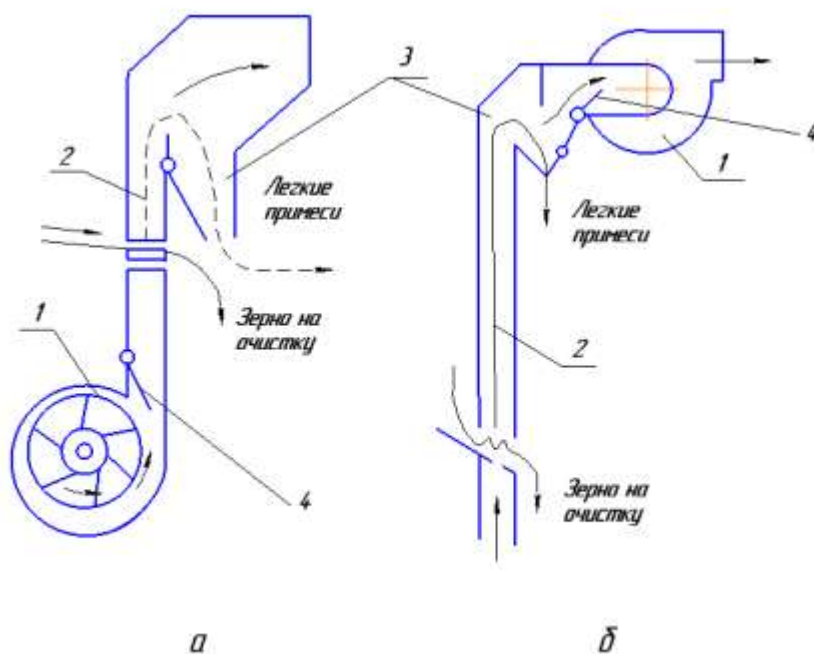


Рисунок 2.3 – Схема работы воздушного потока: а – вертикального нагнетательного; б – вертикального аспирационного

В канал 2, по которому движется воздушный поток, создаваемый вентилятором 1, вводится зерновая смесь с легкой фракцией, критическая скорость которой меньше скорости воздушного потока. При этом легкие примеси поднимаются вверх и попадают в осадочную камеру 3, где за счет расширения канала скорость воздушного потока резко снижается и легкие примеси накапливаются, а в дальнейшем выводятся из нее специальными устройствами. Тяжелая фракция, которой является зерно, освобожденное от легких примесей, выводится из пневмоканала и либо направляется на дальнейшую очи-

стку другими рабочими органами, либо собирается как готовый продукт после его очистки. Скорость воздушного потока в пневмоканале регулируется заслонкой 4.

Воздушный нагнетательный поток в пневмоколонках обеспечивает более качественную очистку зерна. Он, проходя через сетку, приобретает хорошее качество с точки зрения его равномерности по всему сечению канала, что очень важно при разделении смеси по аэродинамическому признаку.

Аспирационный воздушный канал отличается от рассмотренного выше установкой вентилятора. Последний располагается в конце канала (см. рисунок 2.3, б). Технологический процесс работы аспирационного канала протекает следующим образом. Зерновая смесь вводится в канал 2. Воздушный поток, создаваемый вентилятором 1, со скоростью V_B захватывает частицы, критическая скорость которых меньше скорости потока. Легкие частицы по каналу поднимаются до осадочной камеры 3 и собираются в ней. Тяжелые частицы выводятся из канала 2. Пыль и самые легкие частицы поступают в пылеотделитель, через жалюзи которого выводится воздух, а самые легкие частицы оседают в конце пылеотделителя.

На примере работы вертикального воздушного потока рассмотрим его взаимодействие с частицами зерновой смеси.



Рисунок 2.4 – Схема взаимодействия частиц зерновой смеси с воздушным потоком

Помещенная в воздушный поток частица весом G будет испытывать его давление с силой R . Величину этой силы определяют по уравнению Ньютона

$$R = K \mathcal{P}_e \cdot F_m (V_e - U)^2, \quad (2.1)$$

где K – коэффициент сопротивления, зависящий от формы и свойств поверхности частиц и воздушной среды; \mathcal{P}_e – плотность воздуха, кг/м³; F_m – миделево сечение частицы, м²; V_e – скорость воздушного потока, м/с; U – скорость частиц относительно стенок канала, м/с.

Коэффициент K принимает значение при очистке зерновых, бобовых, кукурузы и других культур в пределах 0,16...0,3.

В зависимости от соотношения сил G и R частица будет перемещаться вниз при $G < R$, при $G > R$ – вверх и находиться во взвешенном состоянии при $G = R$. В последнем случае частица может находиться либо неподвижно относительно стенок канала, либо витать вверх-вниз из-за неправильной ее формы, когда F_m все время меняется. *Считается, что скорость воздушного потока, при которой частица в нем находится во взвешенном состоянии, называется критической скоростью или скоростью витания частицы.*

Для случая $G = R$ скорость $U = 0$, а $V_e = V_{кр}$, и учитывая, что $\mathcal{P}_e = \frac{\gamma}{g}$, уравнение (2.1) будет иметь вид

$$G = K \frac{\gamma}{g} F_m \cdot V_{кр}^2 \quad (2.2)$$

или

$$g = \frac{K \gamma \cdot F_m}{G} V_{кр}^2, \quad (2.3)$$

где γ – удельный вес воздуха, Н/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; \mathcal{P}_e – плотность воздуха, кг/м³.

В уравнении (2.3) выражение $\frac{K \gamma F_m}{G}$ обозначают через K_n , тогда получим

$$g = K_n \cdot V_{кр}^2, \quad (2.4)$$

где K_n – коэффициент парусности, служащий показателем аэродинамических свойств частиц.

Сложная и, как правило, переменная зависимость K_n от геометрических размеров, формы частицы, параметров воздушной среды и расположения ее в воздушном потоке затрудняет его определение. Поэтому в практике пользуются другим показателем, который можно определить непосредственными замерами – критической скоростью.

По значению критической скорости определяют коэффициент парусности по уравнению

$$K_n = \frac{g}{V_{кр}^2}. \quad (2.5)$$

Величину $V_{кр}$ определяют с помощью парусного классификатора, рабочей частью которого является прозрачный вертикальный канал прямоугольного или круглого сечения, скорость воздушного потока в которых можно регулировать.

Полное разделение зерновой смеси на легкую и тяжелую фракции очень часто бывает затруднено. Из-за неоднородности зерна и семян сельскохозяйственных культур их критические скорости изменяются в определенном диапазоне и могут перекрывать друг друга. Вынос легких примесей воздушным потоком зависит от концентрации зерновой смеси (подачи). При большой концентрации часть легких примесей увлекается тяжелыми, не успев выделиться. Легкие примеси, расположенные в нижней части зернового потока, должны, прежде чем удалиться, пробиться через толщину этого потока. При большей концентрации частиц в воздушном канале увеличивается скорость воздуха в межзерновом пространстве, что приводит к выносу тяжелых частиц в легкую фракцию. Кроме того, неравномерность воздушного потока по сечению канала ухудшает четкость разделения зерновой смеси на фракции. Однако в случаях, когда различия компонентов смеси по критической скорости значительные, эффективность разделения достаточно высокая. Это подтверждается широким применением воздушных потоков в зерноочистках уборочных и зерноочистительных машин. Значения критических скоростей и коэффициентов парусности некоторых культур и примесей приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значения критических скоростей и коэффициентов парусности для семян некоторых культур и примесей

Культура и примеси	Критическая скорость $V_{кр}$, м/с	Коэффициент парусности K_n , 1/м
1	2	3
Пшеница	8,5...11,5	0,12...0,075
Овес	8...9	0,15...0,12
Ячмень	8,4...11	0,13...0,08
Овсяг	5,5...8,5	0,32...0,13

1	2	3
Куколь	7...10	0,2...0,09
Солома до 100 мм	5...6	0,39...0,27
Полова	2,5...3	1,56...1,1

2.2 Вентиляторы зерноочистительных машин и их классификация

Воздушные потоки, создаваемые вентиляторами, в настоящее время широко используются в технологических процессах машин сельскохозяйственного назначения. К ним в первую очередь можно отнести машины для уборки и послеуборочной обработки зерна и семян сельскохозяйственных культур и особенно машин для их очистки и сортирования.

Слово вентилятор («ventilo») переводится с латинского как «дую» и означает устройство, в котором энергия вращающегося ротора преобразуется в кинематическую энергию движущегося воздушного потока. В связи с многообразием конструкций вентиляторов их разделяют по назначению на вентиляторы общего назначения и специальные. К последним относятся сельскохозяйственные вентиляторы, дымососы, шахтные и другие.

В зависимости от принципа действия они бывают:

- а) радиальными (центробежными);
- б) осевыми;
- в) диаметрными.

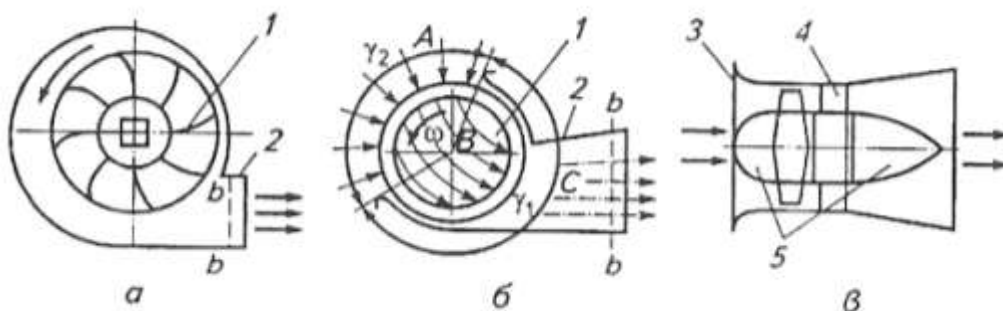


Рисунок 2.5 – Схемы радиального (а), диаметрального (б) и осевого (в) вентиляторов: 1 – рабочее колесо; 2 – кожух; 3 – патрубок; 4 – направляющий аппарат; 5 – обтекатель; А и С – зоны входа и выхода воздуха; В – зона воздуха внутри колеса

Радиальный вентилятор (рисунок 2.5, а) – наиболее распространенный вид вентиляторов, относящихся к вентиляторам общего и

специального назначения. В процессе работы вентилятора воздух поступает вовнутрь кожуха вдоль оси вращающегося ротора с одной или обеих сторон, затем вращающимся ротором (лопатками) отбрасывается к стенкам кожуха и выходит по касательной к вращающемуся ротору. Изменение направления движения воздушного потока является одной из причин его неравномерности по сечению выходного окна.

Диаметральные вентиляторы (рисунок 2.5, б) используются при проветривании складских помещений, в том числе зернохранилищ, активном вентилировании зерна, в зерноочистке некоторых зерноуборочных комбайнов. Ротор имеет пропеллерообразные лопатки, которые с минимальным зазором установлены относительно стенок кожуха. Осевые вентиляторы могут быть реверсивными. Формирование прямолинейного воздушного потока повышает КПД осевого вентилятора.

Осевые вентиляторы (рисунок 2.5, в) относятся к прямоточным вентиляторам. Ротор снабжен криволинейными лопатками. Кожух вентилятора на угле $\alpha = 150 \dots 170^\circ$ имеет открытую горловину всасывания. При вращении ротора воздух захватывается в зоне всасывания и нагнетается в выходной патрубке, дважды подвергаясь воздействию лопаток, что обеспечивает большую равномерность потока по сечению канала. Эта особенность диаметральных вентиляторов расширяет область их применения, особенно в зерноочистительных машинах.

Однако, в связи с двойным воздействием лопаток ротора на воздушный поток, эти вентиляторы более энергоемкие.

Рабочими органами вентилятора являются ротор как вращающийся элемент вентилятора и неподвижная его часть – корпус (кожух). На роторе равномерно по его окружности размещаются лопатки, которыми они отличаются друг от друга. Лопатки роторов бывают по форме прямолинейными и криволинейными, а по их размещению на роторе – радиальными или отогнутыми вперед или назад по направлению его вращения.

Количество лопаток на роторах колеблется в пределах 5...64 с интервалами 5, 6, 8, 12, 16, 18, 24, 32, 48, 64. Чем больше лопаток, тем выше потери вентилятора за счет трения воздуха о них, а следовательно, ниже его КПД, но выше равномерность воздушного потока и наоборот. Линейная скорость ротора составляет 40...50 м/с.

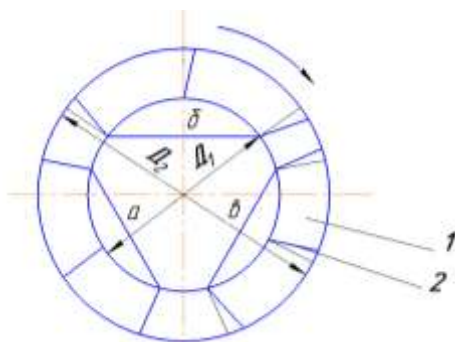


Рисунок 2.6 – Ротор с прямолинейными лопатками: 1 – ротор; 2 – лопатка; а – радиальнооканчивающиеся; б – отогнутые вперед; в – отогнутые назад; D_1 и D_2 – внутренний и наружный диаметры ротора

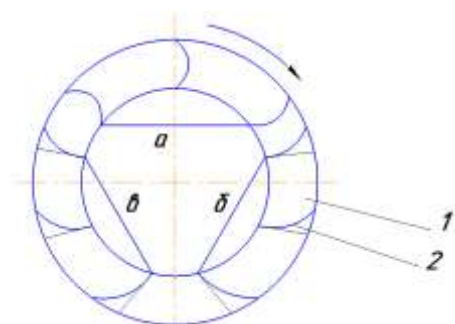


Рисунок 2.7 – Ротор с криволинейными лопатками: 1 – ротор; 2 – лопатка; а – радиальнооканчивающиеся; б – отогнутые назад; в – отогнутые вперед

Вентиляторы с лопатками, отогнутыми назад, считаются более производительными.

Корпус (кожух) вентилятора обеспечивает вход воздуха, формирование неразрывного воздушного потока и его выход из вентилятора в определенном направлении. По конструкции их корпуса могут быть простыми, выполненными по концентрической окружности ротора.

В этом случае по периметру, за исключением выходного окна, зазор между ротором и кожухом одинаков и составляет 1,5...2 мм. Вторая разновидность корпусов – спиральные кожухи. В этом случае обечайка корпуса выполняется либо по логарифмической спирали, либо с использованием так называемого конструкторского квадрата дугами окружности. При этом каждая четверть корпуса описывается из вершины квадрата своим радиусом. Такой корпус обеспечивает увеличивающийся канал для воздушного потока между наружным

диаметром ротора и кожухом, что устраняет образование вихрей и потерь энергии.

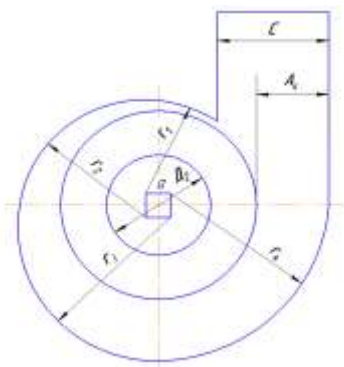


Рисунок 2.8 – Корпус вентилятора: C – высота выпускного окна; A_k – разворот спирали корпуса; D_2 – наружный диаметр ротора; a – размер конструкторского квадрата; r_1, r_2, r_3, r_4 – радиусы обечайки корпуса

Разворот спирали определяется в зависимости от наружного диаметра ротора D_2 . От величины A_k зависит сторона конструкторского квадрата. Эти величины определяются зависимостями:

$A_k = (0,2 \dots 0,5) D_2$, и $a = A_k/4$. Величины радиусов, которыми описываются линии контура ротора: $r_1 = 0,5 D_2 + 0,5a$; $r_2 = 0,5 D_2 + 1,5a$; $r_3 = 0,5 D_2 + 2,5a$ и $r_4 = 0,5 D_2 + 3,5a$. Диаметр выпускного окна вентилятора часто принимается равным внутреннему диаметру ротора D_1 , т.е. $D_0 = D_1$.

По развиваемому давлению (напору) воздушного потока, создаваемого вентиляторами, они делятся на группы:

- а) низкого давления – до 1 кПа;
- б) среднего давления – до 3 кПа;
- в) высокого давления – более 3 кПа.

Радиальные вентиляторы могут быть всех трех групп, осевые, как правило, работают в режимах низкого давления, а диаметральные – среднего и высокого давления.

Сельскохозяйственные радиальные вентиляторы относятся к группе с низким и средним давлением. Количество прямолинейных лопаток принимается равным 4...6 штук, с расположением радиальным или с отклонением назад относительно направления вращения. Корпус вентилятора цилиндрический, большой ширины (как правило, равной ширине молотилки зерноуборочного комбайна), с отношени-

ем ширины B_k к его диаметру D_2 как 1: 1,5...2, т.е. $B_k = (1,5...2) D_2$ и $B_k = (2...5) C$. Сечение окна имеет прямоугольную форму.

2.3 Оценочные показатели рабочего процесса вентилятора

Работу вентилятора оценивают как с количественной, так и качественной стороны рядом показателей.

С количественной стороны ими являются: производительность, характеристики воздушного потока, потребляемая мощность на его привод.

С качественной стороны работу вентилятора оценивают равномерностью воздушного потока по всему его сечению.

2.3.1 Количественные показатели вентилятора

Производительность вентилятора – это объем воздуха, нагнетаемого им в канал в единицу времени. Размерность производительности ($\text{м}^3/\text{ч}$ или $\text{м}^3/\text{с}$) определяют по уравнению

$$V = F \cdot V_в, \quad (2.6)$$

где F – площадь сечения канала, м^2 ;

$V_в$ – скорость воздушного потока в канале, $\text{м}/\text{с}$.

Воздушный поток вентилятора определяется:

а) динамическим давлением (напором) $H_g, \text{Па}$ ($\text{н}/\text{м}^2$);

б) статическим давлением (напором) $H_{ст}, \text{Па}$;

в) полным давлением (напором) $H, \text{Па}$.

Динамический напор, создаваемый вентилятором, расходуется на сообщение кинематической энергии движущемуся воздушному потоку с определенной скоростью. Из механики известно, что любой объект при движении развивает кинетическую энергию, равную

$$E = \frac{mV^2}{2}, \quad (2.7)$$

где m – масса объекта, кг ; V – скорость движущегося объекта, $\text{м}/\text{с}$.

По аналогии с предыдущим кинематическая энергия, развиваемая 1 м^3 воздуха, численно равна динамическому напору (давлению)

$$H_g = \frac{m_B \cdot V_B^2}{2}, \quad (2.8)$$

где m_B – масса 1 м^3 воздуха, численно равная его плотности, т.е. $m_B = \rho_B$.

При температуре воздуха $t = 20^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении $760 \text{ мм ртутного столба}$ ($10,1 \cdot 10^4 \text{ Па}$) $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$. Тогда из уравнения (2.8) скорость воздушного потока определится через динамическое давление по формуле

$$V_B = 1,29 \sqrt{H_g} \approx 1,3 \sqrt{H_g}. \quad (2.9)$$

Производительность вентилятора, обеспечивающая его расход воздуха, зависит от количества примесей, удаляемых воздушным потоком. Его величина может быть определена по уравнению

$$V = q_{\text{пр}} / \gamma_{\text{п}}, \quad (2.10)$$

где $q_{\text{пр}}$ – поступление удаляемых примесей в воздушный поток, кг/с;
 $\gamma_{\text{п}}$ – коэффициент, определяющий массу примесей, удаляемых одним кубометром воздуха, кг/м^3 .

Для зерноочистительных машин $\gamma_{\text{п}} = 0,16 \dots 0,21 \text{ кг/м}^3$. Подачу примесей с зерном определяют по уравнению

$$q_{\text{пр}} = \epsilon_{\text{п}} \cdot q_3, \quad (2.11)$$

где $\epsilon_{\text{п}}$ – доля примесей в зерне, которые необходимо удалить, для зерноочистительных машин $\epsilon_{\text{п}} = 0,11 \dots 0,13$;

q_3 – производительность зерноочистительной машины, кг/с, т/ч.

Статическое давление расходуется на преодоление вредных сопротивлений, вызванных трением воздуха о лопадки ротора, о кожух

вентилятора, о стенки канала, на преодоление сужений и изгибов канала. Величину статического давления принимают равной $H_{ст} = 100...200$ Па или определяют исходя из удельных потерь давления вследствие пронизывания воздушным потоком известной толщи материала (зерно, солома и др.).

Вентиляторы с лопатками, отогнутыми вперед по направлению вращения ротора, считаются высоконапорными.

Скорость воздушного потока можно непосредственно замерить анемометром либо через динамический напор по уравнению (2.9). Замеряют параметры давления потока с помощью трубки Пито-Прандтля и микроманометра. В зависимости от их подключения можно замерить динамическое или полное давление. а по уравнению (2.9) – скорость потока, затем по уравнению (2.6) – производительность вентилятора.

Потребную мощность на привод вентилятора определяют по уравнению

$$N = M_{кр} \cdot \omega, \quad (2.12)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на валу вентилятора, Н_м
 ω – угловая скорость вращения вала вентилятора, С⁻¹.

Крутящий момент замеряют динамографом или тензометрированием, а угловую скорость – тахометром.

КПД вентилятора зависит от его типа, соблюдения технических требований при изготовлении и других требований и находится в пределах $\eta = 0,4...0,7$. Большая величина КПД соответствует работе осевых вентиляторов и радиальных со спиральными кожухами. Для всех вентиляторов сельскохозяйственного назначения $\eta = 0,4...0,5$ и определяется

$$\eta = \frac{V \cdot H}{N}. \quad (2.13)$$

2.3.2 Маркировка вентиляторов

В основу маркировки радиальных вентиляторов положены буквенные и цифровые обозначения. Буква Ц – означает центробежный, в литературе встречается вместо Ц буква Р – радиальный; буква П –

пылевой, а ЦП – центробежный полевой. Вентиляторы с двухсторонним всасыванием воздуха имеют букву Д. Серия цифр после буквенного обозначения означает следующее. Первая цифра из них – увеличенный в 5 раз и округленный до целого числа коэффициент полного давления, безразмерная величина которого определяется

$$\Psi = \frac{2H}{\rho_v \cdot u_2^2}, \quad (2.14)$$

где H – полное давление воздушного потока, создаваемого вентилятором, Па; ρ_v – плотность воздуха, кг/м³; u_2^2 – скорость вращения крайней точки диаметра ротора, м/с.

При выборе или расчете вентилятора величину H определяют исходя из его назначения или принимая по аналогии с подобными.

При этом $\rho_v \approx 1,2$ кг/м³, а $u_2^2 \approx 40 \dots 50$ м/с.

Вторая цифра означает коэффициент быстроходности вентилятора

$$n_y = \frac{5,54 \sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^3}} \cdot n, \quad (2.15)$$

где n – частота вращения ротора вентилятора, мин⁻¹; V и H – соответственно производительность и давление, развиваемые вентилятором.

Физический смысл n_y – его величина численно равна частоте вращения ротора, при которой его производительность $V = 1$ м³/с, полное давление – 9,8 Па (при $\rho_v = 1,2$ кг/м³), а его название – коэффициент быстроходности вентилятора.

При расчетах n_y по выражению (2.15) частоту вращения ротора n принимают исходя из конкретных условий (наличие электродвигателя, редуктора и т.д.). Для радиальных вентиляторов величина n_y принимается: для высоконапорных радиальных с односторонним всасыванием $n_y = 10 \dots 30$ мин⁻¹; для вентиляторов среднего и низкого давления – $n_y = 30 \dots 80$ мин⁻¹; с двухсторонним всасыванием – $n_y = 80 \dots 120$ мин⁻¹; для осевых – $n_y = 120 \dots 400$ мин⁻¹.

В случае наличия третьей цифры она означает номер вентилятора и соответствует значению наружного диаметра его ротора в дц.

Радиальные вентиляторы общего назначения одинаковые по конструкции, разделяются между собой номерами – от 1 до 50, которые различаются между собой только геометрическими размерами.

Марка Ц 3-50-4 (Р 3-50-4) означает центробежный (радиальный), у которого коэффициент полного давления 3, коэффициент быстроходности 50 мин^{-1} , номер 4.

Осевые вентиляторы маркируются без букв – 0,6 – 220 – 6/25^{6,3}; цифры означают: первая цифра – коэффициент полного давления; вторая – коэффициент удельной быстроходности; третья – числитель означает количество лопаток, а знаменатель – угол их установки; четвертая – наружный диаметр ротора в дц, т.е. $D_2 = 630 \text{ мм}$.

3 РАЗДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ НА РЕШЕТАХ

На решетках (ситых) зерновую смесь разделяют по двум геометрическим размерам – толщине и ширине семян. Процесс работы любого решета заключается в том, что поступившая на него смесь разделяется на проходovou и сходовую части. Частицы, размеры которых меньше размеров отверстий решета, проваливаются через них, образуя проходovou фракцию. Крупные зерна, размеры которых больше размеров отверстий решета, сходят с него не проваливаясь и образуют сходовую фракцию. Для непрерывного и качественного разделения зерновой смеси на решетках требуется:

- 1) непрерывное перемещение очищаемого материала по решету;
- 2) правильно выбрать решето и размеры его отверстий в соответствии с размерами частиц очищаемого материала;
- 3) обеспечить постоянную очистку отверстий решета от забившихся в них частиц;
- 4) предусмотреть направленное перемещение очищаемого материала от входа к выходу из машины.

3.1 Классификация решет

Большое разнообразие существующих решет требует проведения их классификации. Признаками, разделяющими решета на отдельные группы, являются назначение, способ изготовления, конструктивное оформление, характер движения, форма отверстий и др.

По назначению:

- колосовые (для выделения крупных примесей – соломы, полывы, колосков и др.);
- подсевные (для выделения мелких примесей – песка, мелких семян сорняков и других растений);
- сортировальные (для разделения очищенного зерна на фракции).

По способу изготовления:

- пробивные (штампованные);
- плетеные (тканые);
- струнные;
- роликовые.

По конструктивному оформлению:

- плоские;

- цилиндрические.

По характеру движения:

- колеблющиеся;

- вибрационные;

- вращающиеся;

- с круговым поступательным движением.

По форме отверстий:

- с круглыми отверстиями;

- с продолговатыми отверстиями;

- с квадратными, треугольными отверстиями.

Важным показателем любого решета является его живое сечение, под которым понимается отношение площади отверстий решета к общей его площади. Так, плетеные, тканые и струнные решета имеют по этому показателю преимущество перед штампованными. Однако они могут изменять параметры отверстий, что приводит к снижению качества очистки. В то же время штампованные решета этого недостатка не имеют.

Колеблющиеся решета отличаются от вибрационных режимом работы. У вибрационных решет мала амплитуда их колебаний при высокой частоте, а у колеблющихся – небольшая частота и увеличенная амплитуда колебаний.

Струнные решета при тщательном уходе за ними обладают высокой производительностью, но являются дорогими и требуют специальной настройки, обеспечивающей одинаковое натяжение всех струн.

В зерноочистительных машинах наибольшее распространение получили штампованные, плоские, колеблющиеся решета с продолговатыми и круглыми отверстиями, работающие как колосовые, подсевные и сортировальные.

3.2 Кинематика плоского колеблющегося решета

Относительное движение частиц по решету обеспечивается за счет его привода в колебательное, вращательное, вибрационное и другие виды движения. Режим движения материала по решету должен быть таким, чтобы, с одной стороны – увеличить время его пребывания на решете и тем самым обеспечить более высокое качество разделения, с другой стороны – повысить скорость перемещения материала по решету, что обеспечит более высокую его производитель-

ность. Для удовлетворения двух противоречивых требований надо найти компромиссный вариант, а для этого рассмотреть все возможные случаи движения материала по решетке. В зерноочистительных машинах решета устанавливаются в решетных станах так, чтобы их можно было заменять при очистке различных культур. Решетные станы, в свою очередь, устанавливаются на шарнирных подвесках, закрепленных на раме машины (рисунок 3.1).

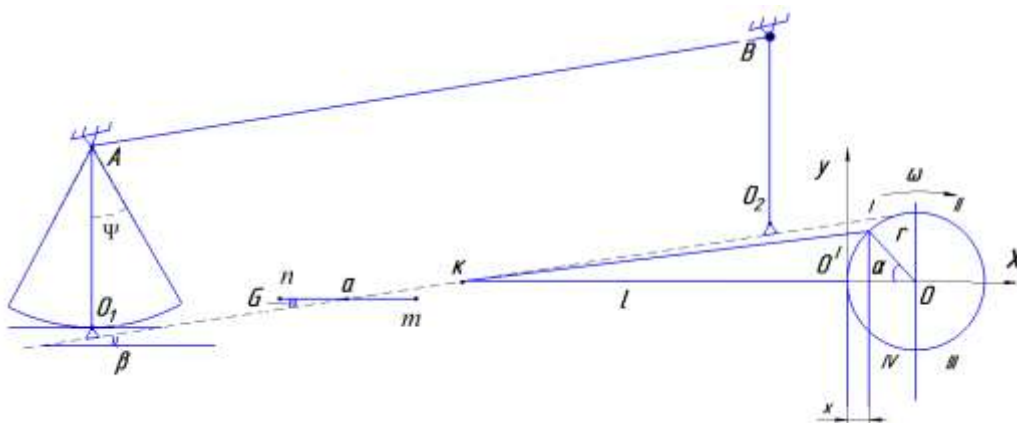


Рисунок 3.1 – Схема привода плоского решета

Для подвесок решетного стана характерны соотношения: $O_1A=O_2B$ и $O_1A \parallel O_2B$; $AB = O_1O_2$ и $AB \parallel O_1O_2$. Следовательно, O_1ABO_2 – четырехзвенный параллелограмный механизм, при котором колеблющееся решето всегда остается параллельным самому себе. Привод решета обеспечивается центральным кривошипно-ползунным механизмом.

Вращающийся с угловой скоростью ω кривошип радиусом r через шатун длиной l приводит в колебательное движение решето. Траекторию перемещения любой точки решета определяют точки O_1 и O_2 подвесок, которые относительно точек A и B перемещаются по дугам окружностей радиусом $AO_1=BO_2$. Так как $r \ll O_2B$, то с небольшой погрешностью можно считать траекторию решета не дугой окружности, а прямой линией, параллельной линии OK (линия OK соединяет центр вращения кривошипа с точкой крепления шатуна с решетом). Если на решете взять произвольную точку a , то она будет перемещаться из крайнего левого положения n в крайнее правое положение – m .

Перемещение, скорость и ускорение решета при его колебаниях центральным кривошипно-ползунным механизмом определяются уравнениями относительно выбранных осей координат (см. рисунок 3.1):

$$\text{перемещение} \quad X_p = r - r \cos \alpha; \quad (3.1)$$

$$\text{скорости} \quad V_p = r\omega \sin \alpha; \quad (3.2)$$

$$\text{ускорения} \quad j_p = r\omega^2 \cos \alpha, \quad (3.3)$$

где α – угол поворота кривошипа механизма привода решета, $\alpha = \omega t$.

Решето, установленное в решетном стане, располагается под углом β к горизонту. Этот угол выбирается таким, чтобы не наблюдалось самопроизвольного сползания (скатывания) частиц зерновой смеси при неподвижном решете.

На частицы зерновой смеси, расположенные на движущемся с ускорением решете, действуют силы инерции. Направление их действия и величина зависят от положения кривошипа при его вращении. Разделим окружность, описываемую крайней точкой кривошипа, на четыре квадранта: I, II, III, IV. При расположении кривошипа в IV квадранте, когда он приближается к горизонтальному положению, совпадающему с осью x , решето движется замедленно, приближаясь к левому крайнему положению (точке n), и при его горизонтальном положении решето останавливается. Сила инерции в этом случае будет направлена справа налево и вызывать смещение частиц вниз по решету. Дальнейший поворот кривошипа от горизонтального положения вызывает ускоренное перемещение решета при отходе от точки n вправо, а сила инерции будет продолжать способствовать смещению частиц вниз по решету. Аналогично рассматриваемому, при подходе и отходе решета от крайнего правого положения, определяемого точкой m (кривошип поворачивается во II и III квадрантах), сила инерции будет направлена слева направо и вызывать смещение частиц вверх по решету.

3.3 Силы, действующие на частицы зерновой смеси, расположенные на колеблющемся решете

При рассмотрении сил, действующих на частицы зерновой смеси, выберем направление осей координат. Ось X направим вниз по решету, при этом решето наклонено к горизонту под углом β , а ось Y – перпендикулярно вверх. Угол между решетом и траекторией его перемещения (mn) обозначим через σ .

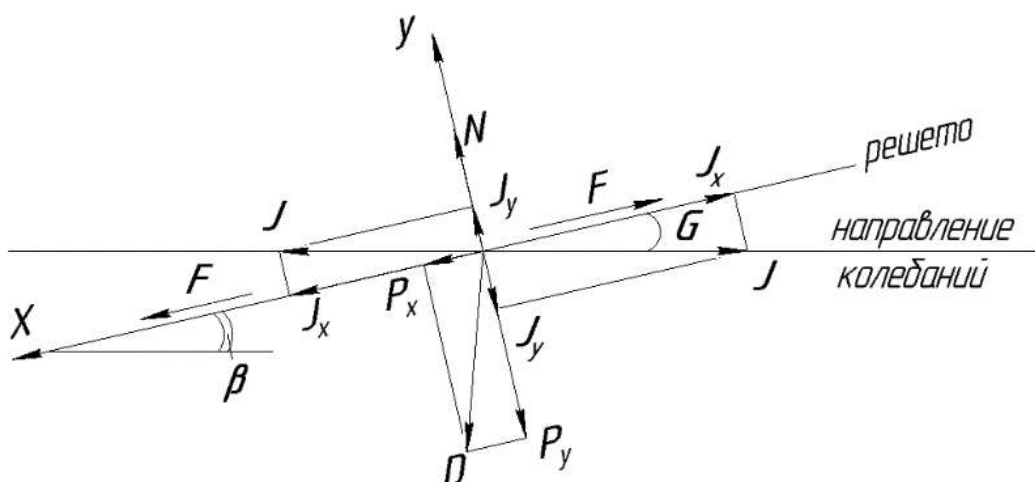


Рисунок 3.2 – Схема сил, действующих на частицы, при их движении вверх и вниз по колеблющемуся решето

На частицы зерновой смеси действуют следующие силы:

- 1) сила тяжести $P = mg$;
- 2) сила инерции $J = mj_p$;
- 3) сила трения частиц о решето $F = fN$;
- 4) нормальная реакция решета N .

Сила инерции, действующая по траектории движения решета, в зависимости от направления этого движения может вызывать смещение частиц вниз и вверх по решето. Этим перемещениям всегда препятствует сила трения F частиц о решето, направленная вдоль его поверхности. Кроме того, составляющая силы инерции, направленная вдоль оси y , может отрывать частицы от поверхности решета.

Сила инерции J равна произведению массы частицы на ускорение решета и с учетом (3.3) будет равна $J = m\omega^2 r \cos \alpha$.

Анализируя направления действующих сил, можно установить характер поведения частиц на колеблющемся решето. При направлении силы инерции J справа-налево частицы могут смещаться вниз по решето, а слева-направо – вверх. Если сила инерции J направлена справа-налево, то ее составляющая, направленная перпендикулярно решето, может обеспечить отрыв частиц от решета. Поэтому необходимо рассмотреть все возможные варианты поведения частиц на колеблющемся решето.

3.4 Условия перемещения частиц зерновой смеси вниз по колеблющемуся решетку

При условии движения частиц вниз по решетку сила инерции J будет направлена справа-налево, сила их трения о решетку F – вверх вдоль его поверхности, а сила тяжести частиц P и нормальная реакция решетки N как обычно (рисунок 3.3). Разложим силы инерции J и тяжести P на выбранные оси координат. Силами, способствующими перемещению частиц вниз, будут J_x и P_x , а препятствовать этому будет сила трения F .

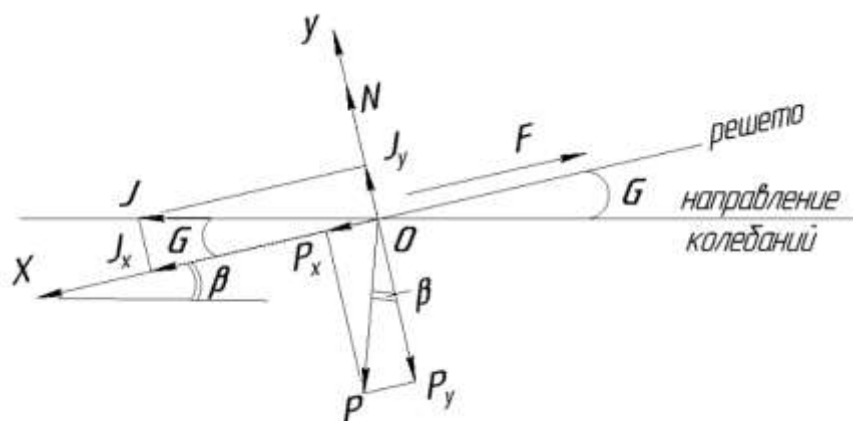


Рисунок 3.3 – Схема сил, действующих на частицы при их перемещении вниз по решетку

Согласно схеме сил, представленной на рисунке 3.3, условием перемещения частиц вниз по решетку будет

$$J_x + P_x \geq F. \quad (3.4)$$

Равенство левой и правой части уравнения (3.4) определяет момент начала движения материала вниз по решетку, а в случае, когда левая часть неравенства будет больше правой, гарантировано движение вниз.

Определим значения всех сил и их составляющих, входящих в уравнение (3.4).

Сила инерции решетки с учетом уравнения (3.3) будет равна

$$J = m\omega^2 r \cos \alpha. \quad (3.5)$$

Составляющие силы инерции на оси координат будут иметь значения:

$$J_x = m\omega^2 r \cos \alpha \cdot \cos \sigma, \quad (3.6)$$

$$J_y = m\omega^2 r \cos \alpha \cdot \sin \sigma. \quad (3.7)$$

$$\text{Сила тяжести } P = mg. \quad (3.8)$$

Составляющие силы тяжести на оси координат будут:

$$P_x = mg \sin \beta, \quad (3.9)$$

$$P_y = mg \cos \beta. \quad (3.10)$$

Сила трения частиц о решето в общем случае будет равна

$$F = fN, \quad (3.11)$$

где f – коэффициент трения частиц о поверхность решета; N – сила нормального давления.

Учитывая, что коэффициент трения частиц о поверхность решета $f = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$, а сила нормального давления, согласно рисунку 3.3, равна $N = P_y - J_y$, уравнение (3.4) примет вид

$$m\omega^2 r \cos \alpha \cdot \cos \sigma + mg \sin \beta \geq \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} mg \cos \beta - m\omega^2 r \cos \alpha \cdot \sin \sigma \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}. \quad (3.12)$$

Проведем несложные преобразования уравнения (3.12), для чего составляющие силы инерции сосредоточим в левой части, а составляющие силы тяжести – в правой части уравнения, получим

$$m\omega^2 r \cos \alpha \cdot \cos \sigma + \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} m\omega^2 r \cos \alpha \cdot \sin \sigma \geq \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} mg \cos \beta - mg \sin \beta. \quad (3.13)$$

Преобразуем уравнение (3.13), для чего сократим на массу m , в левой части вынесем за скобки общий множитель $\omega^2 r \cos \alpha$, а в правой части – g . Приведем к общему знаменателю $\cos \varphi$ в левой и правой части неравенства и на него сократим, тогда получим

$$\omega^2 r \cos \alpha (\cos \sigma \cdot \cos \varphi + \sin \sigma \cdot \sin \varphi) \geq g (\sin \varphi \cdot \cos \beta - \sin \beta \cdot \cos \varphi). \quad (3.14)$$

Выражение в скобках левой части уравнения (3.14) представляет собой косинус разности двух углов, т.е. $\cos(\varphi - \sigma)$, а в правой части – синус разности двух углов $\sin(\varphi - \beta)$. Тогда уравнение (3.14) примет вид

$$\omega^2 r \cos \alpha \geq g \frac{S \omega (\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \sigma)}. \quad (3.15)$$

Для упрощения неравенства (3.15) правую его часть обозначим условно $|\omega^2 r|_H$ и получим выражение

$$\omega^2 r \cos \alpha \geq |\omega^2 r|_H. \quad (3.16)$$

Левая часть уравнения (3.16) определяет закономерность изменения величины ускорения, развиваемого решетом, в зависимости от угла поворота кривошипа привода решета, а правая часть его – ускорение, необходимое для перемещения частиц вниз по решетку.

Условие равенства этого уравнения определяет момент начала движения частиц по решетку.

Уравнение (3.16) позволяет определить значение угла поворота кривошипа, при котором будет начало смещения частиц вниз по решетку.

Обозначим этот угол $\alpha = \alpha_H$.

$$\cos \alpha_H = \frac{|\omega^2 r|_H}{\omega^2 r}. \quad (3.17)$$

Одному и тому же косинусу соответствуют два угла, один в IV квадранте, второй – в I (рисунок 3.4).

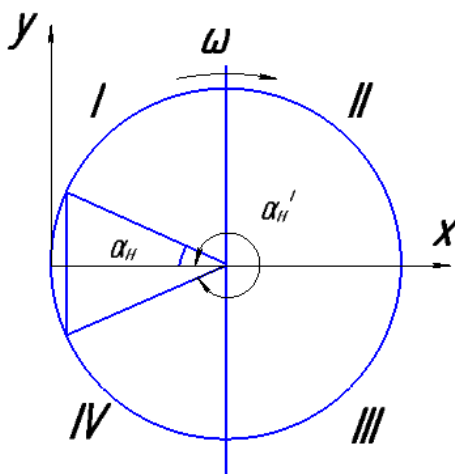


Рисунок 3.4 – Углы поворота кривошипа привода решета, при которых частицы перемещаются вниз по решетку

Согласно рисунку 3.4, частицы очищаемого материала будут перемещаться вниз по решетке при положениях кривошипа его привода в диапазон от α_H^1 (IV квадрант) до α_H (I квадрант).

Неравенство (3.16) позволяет определить частоту вращения кривошипа привода решетки по угловой скорости его вращения, при которой частицы начнут перемещаться вниз по решетке. Угловая скорость будет равна

$$\omega = \sqrt{\frac{|\omega^2 r|_H}{r \cos \alpha}}. \quad (3.18)$$

Для случая, когда кривошип совместится с осью X, что будет определять крайнее левое положение решетки (см. рисунок 3.1), угол $\alpha = 0$, а $\cos \alpha = 1$. При этом вполне конкретном значении угла α знаменатель подкоренного выражения (3.18) будет максимальным, что определит минимальное значение угловой скорости

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{|\omega^2 r|_H}{r}}, \quad (3.19)$$

а частота вращения кривошипа будет равна

$$n_{min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{|\omega^2 r|_H}{r}}. \quad (3.20)$$

Рабочий режим решетки выбирается таким, чтобы до прихода его в крайнее левое положение, при котором $\alpha = 0$ (см. рисунок 3.3), материал уже начал движение вниз по решетке. Этого добиваются путем увеличения частоты вращения кривошипа привода решетки на 20...30% от минимального его значения, определенного по уравнению (3.20).

3.5 Условия отрыва частиц зерновой смеси от поверхности колеблющегося решета

Отрыв частиц очищаемого материала от поверхности решетки может происходить в том случае, если, во-первых, оно движется справа-налево (см. рисунок 3.3), и во-вторых, если нормальная к нему

составляющая силы инерции J_y превысит нормальную составляющую силы тяжести P_y . Следовательно, отрыв частиц от поверхности решета будет в случае

$$J_y \geq P_y. \quad (3.21)$$

Решая неравенство (3.21) с учетом (3.7) и (3.10) и выполняя несложные преобразования, получим

$$\omega^2 r \cos \alpha \geq g \frac{\cos \beta}{\sin \epsilon}. \quad (3.22)$$

Обозначив правую часть неравенства условно через $|\omega^2 r|_{om}$, будем иметь

$$\omega^2 r \cos \alpha \geq |\omega^2 r|_{om}. \quad (3.23)$$

Начало отрыва материала от поверхности движущегося решета будет при равенстве левой и правой частей выражения (3.23), а косинус угла поворота кривошипа привода решета, соответствующий этому условию, определится по выражению

$$\cos \alpha_{om} = \frac{|\omega^2 r|_{от}}{\omega^2 r}. \quad (3.24)$$

Одному и тому же косинусу соответствуют два угла, один в IV квадранте – $\alpha_{от}^1$, а другой – в I квадранте – $\alpha_{от}$. Следовательно, при положениях кривошипа привода решета в пределах от

$$\alpha_{от}^1 = 2\pi - \arccos \frac{|\omega^2 r|_{от}}{\omega^2 r}$$

до

$$\alpha_{om} = \arccos \frac{|\omega^2 r|_{от}}{\omega^2 r}$$

частицы могут отрываться от решета (рисунок 3.5).

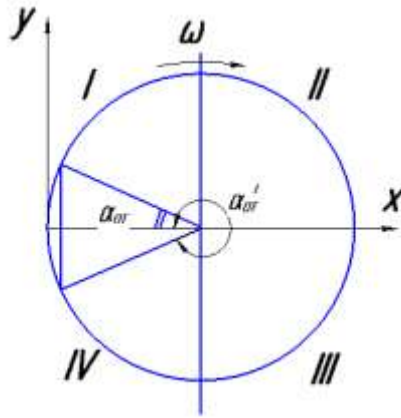


Рисунок 3.5 – Углы поворота кривошипа привода решета, соответствующие отрыву частиц от его поверхности

Минимальная частота вращения кривошипа отрыва определится по выражению

$$n_{min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{|\omega^2 r|_{от}}{r}}. \quad (3.25)$$

Решета зерноочистительных машин в основном работают в режимах, исключая отрыв частиц от их поверхности. В режимах с отрывом частиц работают транспортные доски зерноочисток комбайнов.

3.6 Условия перемещения частиц зерновой смеси вверх по колеблющемуся решету

При наклонном положении решета движение частиц вверх по его поверхности будет, если составляющая силы инерции будет направлена вверх, сила трения, наоборот, – вниз, а сила тяжести и нормальная реакция решета как обычно (рисунок 3.6).

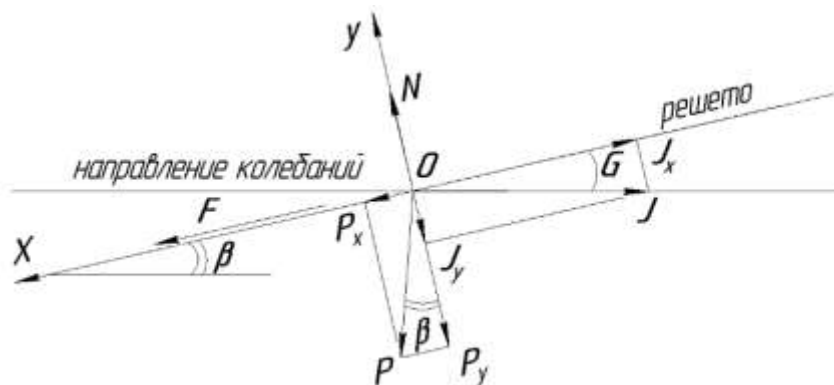


Рисунок 3.6 – Схема сил, действующих на частицы при их перемещении вверх по решету

Разложим силы инерции J и тяжести P на оси координат. Перемещение частиц вверх по решетке вызывает сила J_x , этому перемещению препятствуют сила трения F и сила P_x .

Частицы будут перемещаться вверх по решетке, если будет соблюдаться условие

$$P_x + F \leq J_x. \quad (3.26)$$

Сила трения частиц о поверхность решетки в этом случае будет равна

$$F = fN = f (P_y + J_y), \quad (3.27)$$

где f – коэффициент трения, равный тангенсу угла трения, $f = \operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi / \cos \varphi$.

С учетом (3.27) неравенство (3.21) примет вид

$$J_x - f J_y \geq f P_y + P_x. \quad (3.28)$$

Подставляя в неравенство (3.28) значения составляющих силы инерции и силы тяжести, согласно выражениям (3.6), (3.7) и (3.9), (3.10), получим

$$m\omega^2 r \cos\alpha \cdot \cos\sigma - \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} \cdot m\omega^2 r \cos\alpha \cdot \sin\sigma \geq \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} \cdot mg \cos\beta + mg \sin\beta. \quad (3.29)$$

Сокращая на массу частицы, вынося общие множители в левой части $\omega^2 r \cos\alpha$, в правой – ускорение свободного падения g , а в скобках приводя к общему знаменателю $\cos\varphi$ неравенства (3.29) и затем сокращая на него, получим

$$\omega^2 r \cos\alpha (\cos\varphi \cdot \cos\sigma - \sin\varphi \cdot \sin\sigma) \geq g (\sin\varphi \cdot \cos\beta + \sin\beta \cdot \cos\varphi). \quad (3.30)$$

Выражение в скобках левой части неравенства равно $\cos(\varphi + \sigma)$, а в правой – $\sin(\varphi + \beta)$. С учетом последнего замечания неравенство (3.30) примет вид

$$\omega^2 r \cos\alpha \geq g \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\varphi + \sigma)}. \quad (3.31)$$

Для сокращения правую часть неравенства обозначим через $|\omega^2 r|_B$ – вверх, тогда выражение (3.31) примет вид

$$\omega^2 r \cos \alpha \geq |\omega^2 r|_B. \quad (3.32)$$

По аналогии с рассмотренным ранее условием движения частиц вниз по решетке, угол поворота кривошипа привода решета α примет вполне конкретное значение $\alpha = \alpha_B$, при котором частицы начнут движение вверх по его поверхности. Косинус этого угла определится из выражения

$$\cos \alpha_B = \frac{|\omega^2 r|_B}{\omega^2 r}. \quad (3.33)$$

Одному и тому же $\cos \alpha_B$ соответствуют два угла, один во II квадранте, равный $\alpha_B^1 = \pi - \arccos \frac{|\omega^2 r|_B}{\omega^2 r}$, и в III квадранте $\alpha_B = \pi + \arccos \frac{|\omega^2 r|_B}{\omega^2 r}$ (рисунок 3.7).

Допустим, что при повороте кривошипа на угол $\alpha = 180^\circ$ ($\cos \alpha = -1$) решетку занимает крайнее правое положение и ему будет соответствовать начало движения частиц вверх по решетке. Минимальная частота вращения кривошипа при этом определится по аналогии с уравнением (3.25)

$$n_{min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{|\omega^2 r|_B}{r}}. \quad (3.34)$$

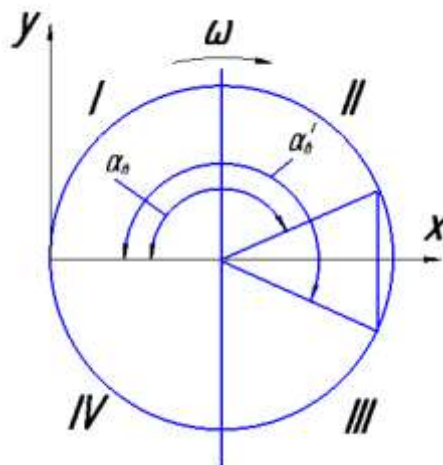


Рисунок 3.7 – Углы поворота кривошипа привода решета при движении частиц вверх по его поверхности

3.7 Предельная скорость перемещения частиц зерновой смеси по колеблющемуся решетку

Скорость перемещения частиц по решетку при его колебаниях не может превышать определенной величины, при которой они могут перескакивать отверстия, не проходя через них. Для выяснения факторов, влияющих на относительную скорость движения частиц по решетку с прямоугольными отверстиями, рассмотрим частный случай, когда частица располагается над торцом отверстия, имея скорость, направленную вдоль наклоненного к горизонту под углом β решета, равную u (рисунок 3.8). За начало прямоугольных осей координат примем торец отверстия решета. Ось X направим вдоль поверхности решета вниз, а ось Y – перпендикулярно решетку. Частица длиной ℓ и толщиной B располагается торцом над центром отверстия и имеет начальную относительную скорость u .

В процессе движения частицы над отверстием, которое характеризуется свободным полетом в воздушном пространстве, она находится под действием ускорения свободного падения. Если не учитывать сопротивление воздушной среды, то ее перемещение будет равнопеременным. В общем случае равнопеременное движение определяется уравнением: $S = S_0 + ut + \frac{at^2}{2}$, а для случая полета частицы над отверстием это уравнение будет иметь вид

$$S = S_0 + ut + \frac{gt^2}{2}, \quad (3.35)$$

где S_0 – перемещение частицы до начала отсчета, м; u – начальная скорость частицы, м/с; t – текущее время, с.

Уравнения движения частицы вдоль осей координат при равнопеременном движении будут иметь вид:

$$x = ut + \frac{g \sin \beta}{2} t^2 \quad (3.36)$$

и

$$y = \frac{g}{2} - \frac{g \cos \beta}{2} t^2. \quad (3.37)$$

Через определенный промежуток времени t центр тяжести частицы при ее движении по траектории совместится с осью X, при этом $Y=0$, а уравнение (3.32) примет вид

$$y = \frac{v}{2} - \frac{g \cos \beta}{2} t_1^2 = 0. \quad (3.38)$$

Время t_1 из последнего уравнения определится

$$t_1 = \sqrt{\frac{v}{g \cos \beta}}. \quad (3.39)$$

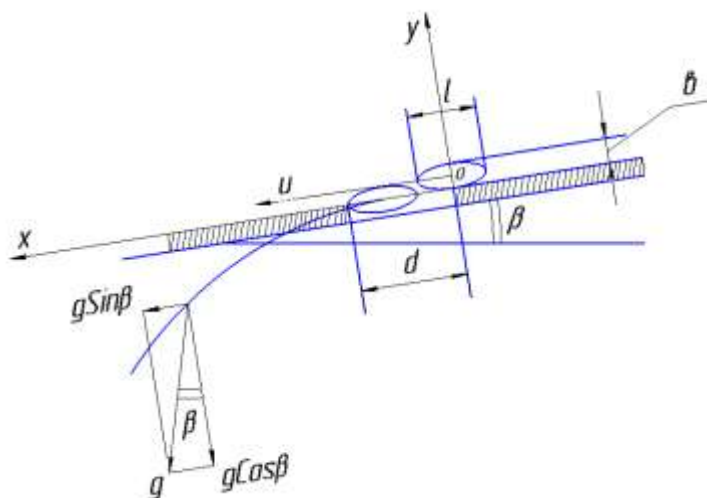


Рисунок 3.8 – Схема к обоснованию предельной скорости движения частиц по решетке

За время t_1 частица вдоль оси x переместится на величину

$$x_1 = ut_1 + \frac{g \sin \beta}{2} t_1^2. \quad (3.40)$$

С учетом (3.39) перемещение x_1 определится уравнением

$$x_1 = u \sqrt{\frac{v}{g \cos \beta}} + \frac{v}{2} \operatorname{tg} \beta. \quad (3.41)$$

Частица может пройти через отверстие решетки в том случае, если ее перемещение x_1 будет соответствовать условию

$$x_1 \leq d - \frac{t}{2}. \quad (3.42)$$

В уравнение (3.42) подставим вместо x_1 его значение из выражения (3.41) при условии равенства левой и правой части. Для этого

случая скорость частицы будет называться предельной U_{np} , а ее величина будет определяться выражением

$$U_{np} = \left(d - \frac{t}{2} - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta\right) \sqrt{\frac{g \cos \beta}{b}}. \quad (3.43)$$

Из выражения (3.43) видно, что предельная скорость движения определяется размерами частиц, положением решета и размером его отверстия. У существующих зерноочистительных машин отечественного производства величина скорости составляет 0,35...0,65 м/с.

Рекомендуемые параметры и режимы колебаний плоских решет:

- радиус кривошипа механизма привода решет (амплитуда колебаний) принимается равным $r = 5 \dots 16$ мм. Большие его значения характерны для зарубежных зерноочистительных машин;

- угол наклона решета к горизонту $\beta = 6 \dots 11^\circ$;

- угол между решетом и направлением колебаний $\sigma = 4 \dots 8^\circ$;

- угол трения семян о поверхность решета $\varphi = 20 \dots 40^\circ$;

- минимальное ускорение, развиваемое решетом, при котором обеспечивается перемещение материала вниз по его поверхности, составляет $3 \dots 5$ м/с², вверх – $6 \dots 8$ м/с² и отрыв от решета – $70 \dots 80$ м/с². Ускорения, развиваемые решетом, $\omega^2 r = (1,5 \dots 3)g$;

- частота вращения кривошипа привода решета $n = 300 \dots 500$ мин⁻¹.

4 РАЗДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ОЧИЩАЕМОГО МАТЕРИАЛА ТРИЕРАМИ

Триер («trieur» в переводе с французского означает – очиститель, сортировщик) применяется для очистки и сортирования зерна и семян трав и наряду с воздушными потоками и решетками является основным рабочим органом сложных зерноочистительных машин. Однако может использоваться и самостоятельно – в виде цилиндрических блоков.

4.1 Назначение, типы и технологический процесс работы цилиндрического триера

При работе триера основным признаком делимости зерновой смеси является их длина.

Известны различные типы триеров: цилиндрические с внутренней рабочей поверхностью, цилиндрические с наружной рабочей поверхностью, дисковые, ленточные. Промышленное применение нашли в зерноочистительных машинах цилиндрические триеры с внутренней рабочей поверхностью и дисковые триеры в элеваторных машинах.

Цилиндрические триеры разделяются на овсюжные и кукольные. Первые предназначены для длинных, а вторые – коротких примесей. Триер состоит из цилиндра с ячейками на внутренней поверхности и желоба, в котором устанавливается шнек для вывода частиц, забрасываемых в него ячейками вращающегося цилиндра. Желоб (лоток) можно поворачивать вокруг оси цилиндра, регулируя рабочий процесс триера.

Рабочим элементом триера является ячейка, характеризующаяся ее диаметром, глубиной и формой (рисунок 4.1).

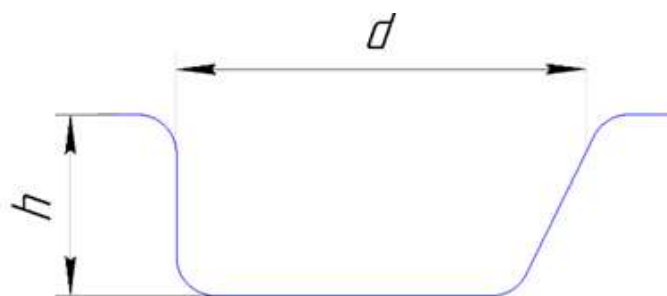


Рисунок 4.1 – Форма и размеры ячейки цилиндрического триера

Диаметр ячеек изменяется в пределах 1,8...11,5 мм, а глубина – 0,7...5,5 мм. По способу изготовления триерные ячейки могут быть штампованные, фрезерованные и литые. Более прочные и дешевые – стальные цилиндры со штампованными ячейками. Диаметр цилиндрического триера принимается равным 400 (750), 500 (1500), 600 (2250) и 800 (3000) мм. В скобках – длина цилиндра. Одна сторона ячейки пологая, а противоположная – крутая. Пологой стороной ячеек цилиндр устанавливается по направлению его вращения, чем улучшается их заполнение частицами, размеры которых по длине меньше ее диаметра. Рабочий процесс цилиндрического триера протекает следующим образом. В процессе его работы частицы, длина которых больше диаметра ячеек, располагаются на поверхности, а у которых меньше – западают в ячейки. Первые при вращении цилиндра затаскиваются поверхностью за счет сцепления с другими частицами на некоторый угол, а затем соскальзывают вниз, снова поднимаются и опять соскальзывают, совершая колебательные движения, а под действием непрерывно поступающего материала на очистку продвигаются к выходу из цилиндра. Этому способствует и небольшой (до 1 градуса) его наклон.

Короткие частицы, запавшие в ячейки, поднимаются ими на значительно больший угол, чем затаскиваются длинные и выпадают под действием силы тяжести в желоб. Таким образом, работа триера заключается в следующем (рисунок 4.2).

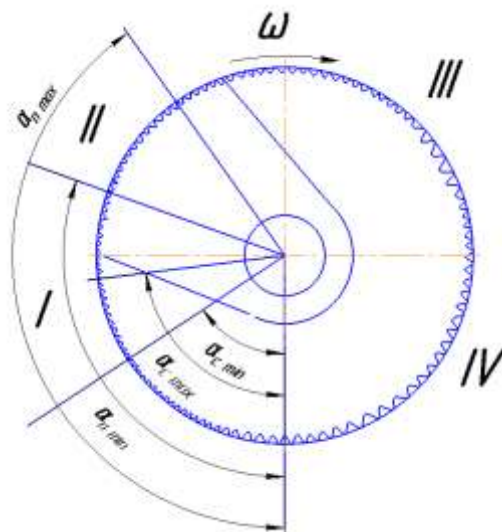


Рисунок 4.2 – Схема рабочего процесса цилиндрического триера:
 I – зона скольжения длинных частиц;
 II – зона выпадения коротких частиц

1. Западание коротких частиц в ячейки и подъем их на определенный угол $\alpha_{п}$, изменяющийся в диапазоне от $\alpha_{п \min}$ до $\alpha_{п \max}$ (эти углы характеризуют зону выпадения), с последующим их выпадением из ячеек.

2. Улавливание выпавших частиц желобом триера и удаление их из желоба транспортирующими устройствами (вибрация, шнек и др.).

3. Непрерывный подъем длинных частиц на угол $\alpha_{с}$, изменяющийся от $\alpha_{с \min}$ до $\alpha_{с \max}$ (эти углы характеризуют зону скольжения длинных частиц), с последующим соскальзыванием вниз и одновременным перемещением вдоль цилиндра к выходу.

4. Непрерывное перемешивание очищаемого материала в цилиндре, способствующее всплыванию длинных частиц и опусканию коротких, что облегчает проникновение последних к ячейкам через толщу материала и последующее их заполнение.

Четкость разделения на короткие и длинные частицы будет зависеть от расположения зон скольжения длинных и зон выпадения коротких частиц.

Чем выше зона выпадения коротких и ниже зона скольжения длинных частиц, тем более четко происходит процесс разделения очищаемого материала рабочей поверхностью триера. Однако добиться такого четкого разделения не всегда удастся, особенно за один пропуск материала через триер. Это можно объяснить следующим. Из-за неровностей рабочей поверхности триера длинные частицы могут подниматься выше зоны скольжения и попадать в желоб. Длинные частицы могут заклиниваться в ячейках короткими и выноситься в желоб. Малый коэффициент трения может приводить к выпадению коротких частиц в зоне скольжения длинных. Коротким частицам могут препятствовать попадать в ячейки длинные. И наконец – неправильная регулировка желоба. Однако несмотря на перечисленные причины, цилиндрическими триерами можно добиться получения семенного материала с чистотой 97...99% при потерях семенного зерна до 7% и продовольственного до 2%.

Основной регулировкой цилиндрических триеров считается правильная установка (наклон) желоба, а для этого необходимо знать, от каких факторов зависит угол подъема и последующего соскальзывания длинных частиц и угол подъема и выпадения коротких частиц из ячеек триера в желоб.

4.2 Угол затаскивания длинных частиц очищаемого материала рабочей поверхностью цилиндрического триера

На частицу, расположенную на внутренней рабочей поверхности цилиндрического триера радиусом R , вращающегося с угловой скоростью ω , действуют силы (рисунок 4.3):

- 1) сила тяжести частицы массой m , равная $P = mg$;
- 2) сила трения частицы о семена и рабочую поверхность триера $F = fN$;
- 3) центробежная сила $J = m\omega^2 R$;
- 4) нормальная реакция поверхности триера N .

Угол подъема частицы α будем отсчитывать от вертикального диаметра цилиндра. Частица будет находиться в покое относительно поверхности триера, а следовательно, подниматься последней, если соблюдается условие

$$F \geq P_2. \quad (4.1)$$

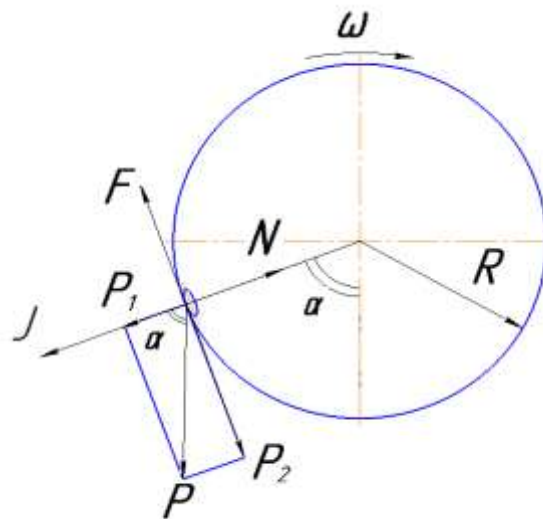


Рисунок 4.3 – Схема сил взаимодействия частиц с рабочей поверхностью цилиндрического триера

Величины сил F и P_2 определяются выражениями:

$$F = f (J + P_1); \quad (4.2)$$

$$P_2 = mg \sin \alpha, \quad (4.3)$$

где f – коэффициент трения частицы о поверхность триера,

$f = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$; φ – угол трения.

Составляющая силы тяжести на направление действия центробежной силы J будет равна

$$P_1 = mg \cos \alpha. \quad (4.4)$$

Выражение (4.1) с учетом (4.2)–(4.4) после несложных преобразований примет вид

$$\omega^2 R \sin \varphi / \cos \varphi \geq g \sin \alpha - g \cos \alpha \sin \varphi / \cos \varphi. \quad (4.5)$$

После приведения к общему знаменателю $\cos \varphi$ правой части неравенства (4.5) и сокращения на него оно будет равно синусу разности двух углов α и φ , а выражение (4.5) примет вид

$$\sin \varphi \omega^2 R \geq g \sin (\alpha - \varphi). \quad (4.6)$$

Для случая равенства левой и правой части уравнения (4.6), которое будет соответствовать началу скольжения частицы вниз по поверхности триера, угол $\alpha = \alpha_c$, а его величина

$$\sin (\alpha_c - \varphi) = \frac{\omega^2 R}{g} \sin \varphi \quad (4.7)$$

или

$$\alpha_c = \varphi + \arcsin (K \sin \varphi), \quad (4.8)$$

где $K = \frac{\omega^2 R}{g}$ – показатель кинематического режима работы триера.

Как видно из уравнения (4.8), угол, определяющий начало скольжения частиц вниз, зависит от угла трения их о поверхность триера и кинематического режима его работы. В качестве примера можно привести данные об углах скольжения семян овса в овсюжном триере и семян пшеницы в кукольном

Пшеница	
$\varphi_{\min} = 37^0; \alpha_{c \min} = 58^0.$	
$\varphi_{\max} = 50^0, \alpha_{c \max} = 77^0.$	

Овес	
$\varphi_{\min} = 34^0, \alpha_{c \min} = 53^0.$	
$\varphi_{\max} = 65^0, \alpha_{c \max} = 98^0.$	

4.3 Угол подъема коротких частиц очищаемого материала ячейкой цилиндрического триера

На короткую частицу, запавшую в ячейку цилиндрического триера, будут действовать следующие силы (рисунок 4.4).

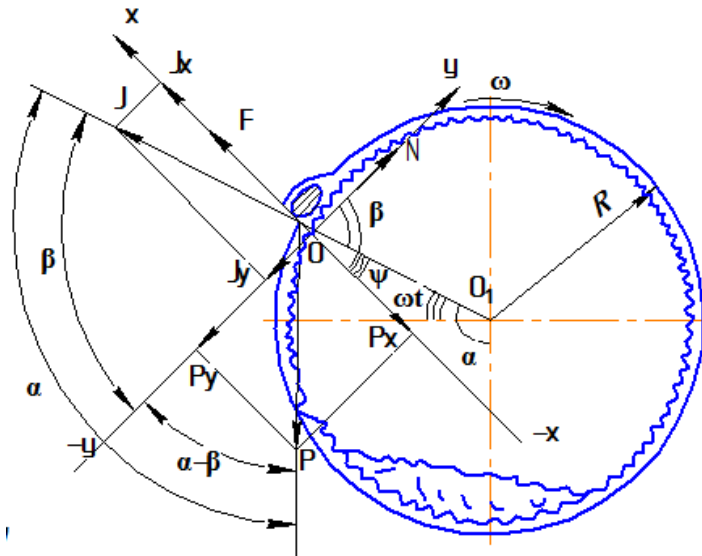


Рисунок 4.4 – Схема сил, действующих на короткую частицу в ячейке триера

1. Сила тяжести $P = mg$.
2. Сила трения $F = fN$, направленная вдоль плоского элемента ячейки, f – коэффициент трения, $f = \tan \varphi = \sin \varphi / \cos \varphi$.
3. Центробежная сила $J = m\omega^2 R$, действующая по радиусу от центра триера.
4. Нормальная реакция элемента ячейки триера N .

Направления действия перечисленных сил необходимо увязать с выбранными осями координат. Ось X направим вдоль плоского элемента ковшеобразной ячейки вверх, ось Y – перпендикулярно плоскому элементу, направленную слева-направо.

За начало выбранных осей координат примем точку O , являющуюся пересечением радиуса триера с элементом ячейки и торцом плоского элемента. Положение плоского элемента ячейки определяется углом β между радиусом и нормалью к нему (ось Y).

Этот угол близок к прямому углу, т.е. $\beta \approx \pi/2$. Небольшой разворот плоского элемента ячейки по направлению вращения триера обеспечивает лучшее выпадение частицы из ячейки. Положение частицы в ячейке определяется углом $\alpha = \frac{\pi}{2} + \omega t$. Разложим силу тяжести

P частицы и центробежную силу J по направлениям выбранных осей координат. Вдоль оси X действуют силы трения частицы о плоский элемент ячейки F и составляющая центробежной силы J_x . Обе эти силы удерживают частицу в ячейке и способствуют ее подъему последней. Выпадение частицы из ячейки обеспечивает составляющая силы тяжести P_x . Нахождение частицы в ячейке и подъем ее последней будет при условии

$$J_x + F \geq P_x. \quad (4.9)$$

Сила трения частицы о элемент ячейки определится выражением

$$F = f (J_y + P_y). \quad (4.10)$$

Значения составляющих центробежной силы J и силы тяжести P вдоль выбранных осей координат будут:

$$J_x = m\omega^2 R \sin \beta; \quad (4.11)$$

$$J_y = m\omega^2 R \cos \beta; \quad (4.12)$$

$$P_x = mg \sin (\alpha - \beta); \quad (4.13)$$

$$P_y = mg \cos (\alpha - \beta). \quad (4.14)$$

Неравенство (4.9) с учетом (4.10) будет

$$J_x + f J_y \geq P_x - f P_y. \quad (4.15)$$

С учетом значения коэффициента трения f , выражений (4.11)–(4.14) и сокращения всех членов на массу частицы m неравенство (4.15) будет иметь вид

$$\omega^2 R(\sin \beta + \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \cos \beta) \geq g[\sin(\alpha - \beta) - \cos(\alpha - \beta) \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}]. \quad (4.16)$$

Преобразования в последнем неравенстве: в левой части вынесем за скобки общий множитель $\omega^2 R$, а в правой – ускорение g , выражения в скобках приведем к общему знаменателю $\cos \varphi$ и на него сократим, тогда получим

$$\omega^2 R (\sin \beta \cdot \cos \varphi + \sin \varphi \cdot \cos \beta) \geq g [\sin (\alpha - \beta) \cos \varphi - \sin \varphi \cos(\alpha - \beta)]. \quad (4.17)$$

В последнем неравенстве выражение в скобках левой части представляет собой синус суммы двух углов, а в правой части – синус разности трех углов. Учитывая это, получим

$$\omega^2 R \sin (\varphi+\beta) \geq g \sin (\alpha-\beta-\varphi). \quad (4.18)$$

Предельное значение угла подъема частицы ячейкой триера, при котором начнется ее выпадение, будет определяться равенством левой и правой части выражения (4.18), а соответствующий этому случаю угол подъема частиц обозначим через $\alpha = \alpha_n$

$$\frac{\omega^2 R}{g} \sin (\beta+\varphi) = \sin (\alpha_n-\beta-\varphi). \quad (4.19)$$

Выражение (4.19) можно записать в виде

$$K \sin (\pi/2+\varphi) = \sin (\alpha_n-\pi/2-\varphi). \quad (4.20)$$

В свою очередь, $\sin (\pi/2+\varphi) = \cos \varphi$, тогда уравнение (4.20) запишется

$$\alpha_n = \pi/2+\varphi + \arcsin (K \cos \varphi). \quad (4.21)$$

Углы трения частиц, расположенных в ячейках, значительно меньше углов трения их о рабочую поверхность триера. В качестве примера приведем значения углов подъема семян пшеницы и куколя ячейками овсюжного и кукольного триеров.

Пшеница	Куколь
$\varphi_{\min} = 15^0; \alpha_{n \min} = 140^0.$	$\varphi_{\min} = 5^0; \alpha_{n \min} = 130^0.$
$\varphi_{\max} = 35^0; \alpha_{n \max} = 155^0.$	$\varphi_{\max} = 20^0; \alpha_{n \max} = 144^0.$

4.4 Выпадение коротких частиц очищаемого материала из ячеек цилиндрического триера и показатель кинематического режима его работы

В момент выпадения частицы из ячейки считают, что нормальная реакция $N = 0$, а частица переходит с кромки ячейки на рабочую поверхность цилиндра, следовательно $\beta = 0$.

Рассматривая условие равновесия сил, действующих вдоль оси Y , можно для этого случая записать

$$N = J_y + P_y = 0. \quad (4.22)$$

С учетом значений J_y и P_y по выражениям (4.12) и (4.14) и значениям

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \omega t, \text{ а } \beta = 0$$

получим

$$\omega^2 R \cos \beta + g \cos \left(\frac{\pi}{2} + \omega t \right) = 0. \quad (4.23)$$

Известно, что $\cos (\pi/2 + \omega t) = -\sin \omega t$, а $\cos \beta = 1$ при $\beta = 0$, тогда выражение (4.23) примет вид

$$\sin \omega t = \frac{\omega^2 R}{g} = K, \quad (4.24)$$

где K – показатель кинематического режима работы цилиндрического триера.

Максимальное значение $\sin \omega t = 1$ при $K = 1$, частица в ячейке будет занимать самое высокое положение. Даже если частица покинет ячейку, она не попадет в желоб, так как траектория ее полета выходит за пределы цилиндра. При условии $K > 1$ частица вообще не покинет ячейку. Следовательно, для четкого разделения необходимо $K < 1$. Цилиндрические триеры имеют показатель $K = 0,5 \dots 0,7$ при очистке зерновых культур и $K = 0,3 \dots 0,4$ – при обработке семян трав. Это обеспечивается при низкой частоте вращения триеров, равной $30 \dots 50 \text{ мин}^{-1}$. Тихоходность цилиндрических триеров является причиной их низкой производительности.

4.5 Улавливание коротких частиц очищаемого материала лотком цилиндрического триера

В момент выпадения частицы из ячейки триера ее скорость соответствует линейной скорости вращения цилиндра $U = \omega R$ и направлена под углом $\alpha = \pi/2 + \omega t$ к горизонту (рисунок 4.5), отсчитываемым от вертикального диаметра цилиндра.

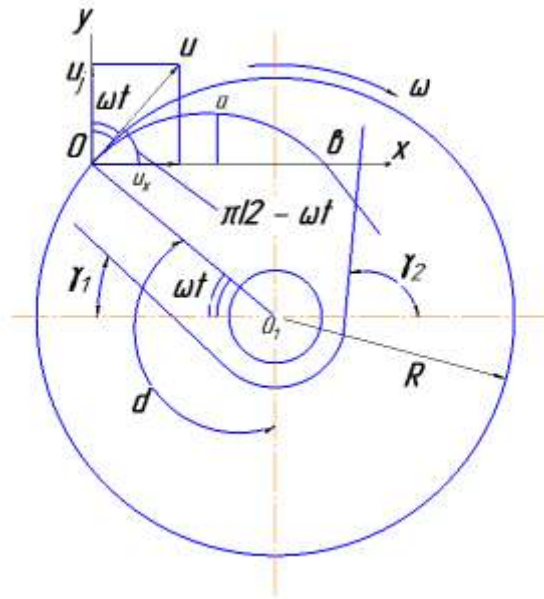


Рисунок 4.5 – Улавливание коротких частиц лотком цилиндрического триера

Будем считать, что движение частицы после выпадения ее из ячейки не испытывает сопротивления воздушной среды. В этом случае ее перемещение под действием ускорения свободного падения, при отсутствии ее перемещения до начала отсчета, подчиняется уравнению

$$S = Ut \pm \frac{gt^2}{2}, \quad (4.25)$$

где t – текущее время движения частицы в полете.

Значения скоростей движения частицы в прямоугольных осях координат будут (см. рисунок 4.5):

$$U_x = U \cdot \sin \omega t. \quad (4.26)$$

$$U_y = U \cdot \cos \omega t. \quad (4.27)$$

При этом уравнения движения вдоль осей X и Y имеют вид:

$$x = U \cdot \sin \omega t \cdot t. \quad (4.28)$$

$$y = U \cdot \cos \omega t \cdot t - g t^2/2. \quad (4.29)$$

Наивысшего положения частица достигнет в точке a в момент времени t_1 . Для этого случая вертикальная составляющая скорости $U_y = 0$. После этого частица начнет падать вниз. Продифференцировав уравнение (4.29) и приравняв его к нулю, получим

$$\frac{dy}{dt} = U \cdot \cos \omega t - gt_1 = 0, \quad (4.30)$$

откуда

$$t_1 = \frac{U \cos \omega t}{g}. \quad (4.31)$$

Подставляя значения t_1 в уравнения (4.28) и (4.29), получим координаты частицы для точки a ее траектории, когда она начинает падать вниз

$$x_a = \frac{U^2 \sin \omega t}{2g}, \quad (4.32)$$

$$y_a = \frac{U^2 \cos^2 \omega t}{2g}. \quad (4.33)$$

В уравнении (4.32) выражение

$$\sin \omega t \cdot \cos \omega t = 1/2 \sin 2\omega t.$$

Точка пересечения траектории полета частицы с осью X будет B , а ее координаты:

$$x_b = 2 x_a, \quad y_b = 0. \quad (4.34)$$

Частицы покидают ячейки триера в диапазоне изменения угла поворота цилиндра от $\alpha_{min} = \pi/2 + \omega t_{min}$ до $\alpha_{max} = \pi/2 + \omega t_{max}$, а их траектории полета должны перекрываться передней разделяющей и задней улавливающей стенками желоба. Их положение определится соответственно углами γ_1 и γ_2 . В качестве примера можно указать их значения для кукольного и овсюжного триеров.

	γ_1^0	γ_2^0
Кукольный триер	40	88
Овсюжный триер	50	85

5 ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Технологические процессы зерноочистительных машин и их рабочих органов оценивают с качественной и количественной стороны. Для оценки качества очистки используют показатель полноты разделения ε , определяемый по выражению

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{п}}}, \quad (5.1)$$

где $m_{\text{в}}$ – масса выделенных рабочим органом примесей; $m_{\text{п}}$ – масса примесей в исходном материале.

При $\varepsilon = 0,8$ выделение примесей считается высоким, при $\varepsilon = 0,6 \dots 0,65$ – средним и при $\varepsilon = 0,5$ и меньше – низким.

Реальная производительность зерноочистительных машин зависит от влажности и засоренности очищаемого материала.

Производительность, указываемая в инструкции к зерноочистительной машине, соответствует обработке исходного материала влажностью 16% и засоренностью 10%.

В реальных условиях каждый 1,0% повышения влажности материала снижает производительность машины на 3,0%, а увеличение засоренности на 1,0% снижает производительность до 1,5%.

Максимальная производительность, указываемая в инструкции к машине, соответствует ее работе в режиме предварительной очистки и снижается вдвое при работе в режиме первичной и еще вдвое – при вторичной очистке.

5.1 Воздушные системы для выделения легких примесей из очищаемого зернового материала

Воздушные потоки как основной элемент для отделения легких примесей из зерновой смеси используются в зерноуборочных комбайнах, пневматических зерноочистительных машинах типа МПО-50, ПСМ либо являются важной составной частью ветрорешетных зерноочистительных машин.

В ветрорешетных зерноочистительных машинах в основном используются вертикальные аспирационные каналы прямоугольной формы высотой до 1,5 м. При этом большая сторона сечения канала соответствует ширине решетной очистки машины, а меньшая сторона – принимается размером 100...120 мм. При таких размерах пневмоканала его производительность при выделении легких примесей составляет 130...160 г/ (с · см). В конце аспирационных каналов применяют осадочные камеры, фильтры, инерционные пылеотделители. В осадочных камерах площадь сечения канала в 2,5...3 раза больше основного. В них осаждаются до 80% примесей.

Кроме аспирационных вертикальных каналов в машинах находят применение как нагнетательные, так и смешанные.

Циркуляция воздушных потоков в воздушно-очистительной части может осуществляться по замкнутой и разомкнутой схемам.

5.2 Очистка и сортирование очищаемого зернового материала плоскими колеблющимися решетками

Как было отмечено ранее, очищаемый материал может перемещаться по наклонному колеблющемуся решету вниз, вверх и отрываться от решета. Каждому из этих видов движения материала соответствует вполне конкретное значение ускорения, развиваемое решетом:

$$\begin{aligned} \text{для движения вниз } |\omega^2 r|_{\text{н}} &= 3...4 \text{ м/с}^2; \\ \text{для движения вверх } |\omega^2 r|_{\text{в}} &= 5...8 \text{ м/с}^2; \\ \text{для отрыва от решета } |\omega^2 r|_{\text{от}} &= 60...70 \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

Угол наклона решет принимается в пределах $\beta = 10...12^\circ$, направленность колебаний решет $\sigma = 5...8^\circ$, амплитуда их колебаний $r = 5...16$ мм. Максимальное ускорение, развиваемое решетками, $\gamma_p = (1,5...3) g \text{ м/с}^2$, а частота вращения кривошипа привода решет $n = 300...500 \text{ мин}^{-1}$.

Производительность решет определяют по уравнению

$$Q_p = \kappa_{\sigma} q_0 S, \quad (5.2)$$

где k_9 – коэффициент эквивалентности, зависящий от особенностей семян; для пшеницы он равен 1, ржи 0,8...0,9, ячменя 0,6...0,7 и трав 0,3...0,4; q_0 – удельная нагрузка на 1 м² решета; S – площадь решета, м².

Производительность решетной очистки зерноочистительных машин оценивают по нагрузке подсевных решет, которую принимают в пределах $q_0 = 1,3...1,5$ кг (см²).

5.3 Очистка и сортирование зернового материала цилиндрическим триером

Качество очистки цилиндрическим триером определяется показателем кинематического режима его работы, который принимается равным $K = 0,5...0,7$ при обработке семян зерновых культур и $K = 0,3...0,4$ – семян трав.

Частота вращения цилиндра принимается в пределах $n = 35...50$ мин⁻¹, при этом ускорение, развиваемое триером, находится в пределах $\omega^2 R = 5...7$ м/с², линейная скорость при этом $u_{тр} = 0,3...0,5$ м/с.

Производительность триера можно определить по уравнению

$$Q_m = K_9 \cdot q_0 \cdot \pi dL, \quad (5.3)$$

где K_9 – коэффициент эквивалентности, зависящий от особенностей очищаемых семян; q_0 – удельная нагрузка на один квадратный метр цилиндрической поверхности, принимается в пределах 0,15...0,30 кг/(см²); d – диаметр цилиндра триера, м²; L – длина цилиндрического триера, м.

В связи с тихоходностью цилиндра, а следовательно и низкой производительностью триера, последний устанавливается в зерноочистительных машинах после очистки материала в пневмоканалах и на решетках.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ И ЗАДАЧИ ПО РАБОЧИМ ОРГАНАМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Знания, полученные в результате изучения материала, изложенного в данном пособии, позволяют квалифицированно настраивать рабочие органы зерноочистительных машин на оптимальные режимы их работы с учетом конкретного состояния очищаемого материала. Для закрепления и углубления этих знаний предложены контрольные вопросы в виде тестовых заданий и решения практических задач.

По колеблющемуся решету

Тестовые задания

1. Чтобы плоское решето зерноочистительной машины выполняло свои функции согласно его назначению, необходимо: **а** – обеспечить перемещение зерновой смеси по решету; **б** – установить решето под углом к горизонту, при котором обеспечивается самостоятельное перемещение по нему зерновой смеси; **в** – установить решето под углом к горизонту, при котором исключается самостоятельное перемещение по нему зерновой смеси; **г** – обдуть решето воздушным потоком, скорость которого больше критической скорости тяжелой фракции зерновой смеси; **д** – обеспечить непрерывную очистку решета.

- 1) а, б, д;
- 2) а, б, в;
- 3) а, б, в, г;
- 4) а, в, г;
- 5) а, в, д.

2. В процессе работы любое решето зерноочистительной машины при разделении зерновой смеси должно:

- 1) отделить крупную фракцию;
- 2) отделить мелкую фракцию;
- 3) разделить на две фракции;
- 4) разделить на три фракции.

3. Рабочим органом зерноочистительной машины, реализующим разделение частиц зерновой смеси по их геометрическому размеру – толщине, является:

- 1) решето с продолговатыми отверстиями;
- 2) решето с круглыми отверстиями;
- 3) ячейки триера;
- 4) наклонная горка;
- 5) дека пневмостола.

4. Траекторией движения любой точки плоского решета при его работе, с учетом известных допущений, является:

- 1) окружность;
- 2) дуга окружности;
- 3) прямая линия;
- 4) эллипс.

5. Признаком делимости частиц зерновой смеси при их разделении в воздушном потоке является:

- 1) состояние их поверхности;
- 2) форма частиц;
- 3) аэродинамические свойства;
- 4) геометрические размеры.

6. Установка плоского решета в зерноочистительной машине под углом к горизонту облегчает движение частиц по решету:

- 1) вниз;
- 2) вверх;
- 3) отрыв;
- 4) не имеет значения.

7. Согласно агротехническим требованиям, чистота обработанного на зерноочистительных машинах семенного зерна категории ОС должна составлять:

- 1) 97 %;
- 2) 98 %;

- 3) 98,5 %;
- 4) 99 %;
- 5) 100 %.

8. Разбросанность значений изучаемого признака делимости зерна оценивается статистической характеристикой в абсолютных единицах:

- 1) коэффициентом вариации;
- 2) средним арифметическим значением признака;
- 3) среднеквадратическим отклонением;
- 4) отклонением текущего значения изучаемого признака от среднего арифметического его значения.

9. При построении вариационных кривых по конкретному признаку делимости частиц зерновой смеси, разделенных на несколько классов, по оси ординат откладывают:

- 1) границы классов;
- 2) процент частиц в классе;
- 3) количество классов.

10. Рабочим органом зерноочистительной машины, реализующим признак делимости – аэродинамические свойства частиц зерновой смеси, является:

- 1) решето с круглыми отверстиями;
- 2) решето с продолговатыми отверстиями;
- 3) ячеистая поверхность триера;
- 4) воздушный поток;
- 5) наклонная горка.

11. Согласно агротехническим требованиям к семенному зерну II класса, его чистота после обработки на зерноочистительной машине должна составлять:

- 1) 97 %;
- 2) 98 %;
- 3) 98,5 %;
- 4) 99 %;
- 5) 100 %.

12. Разбросанность значений признака делимости компонентов зерновой смеси в относительных единицах характеризуется:

- 1) средним арифметическим его значением;
- 2) средним квадратическим отклонением;
- 3) коэффициентом вариации;
- 4) отклонением среднего арифметического значения от среднего квадратического отклонения.

13. Реальной траекторией движения любой точки плоского режима является:

- 1) окружность;
- 2) дуга окружности
- 3) прямая линия;
- 4) эллипс.

14. Разброс значений любого признака делимости частиц зерновой смеси в пределах 99,7%, изменчивость которых подчиняется закону нормального распределения при известном их среднем значении M и среднеквадратическом отклонении σ , можно определить по выражению:

- 1) $M \pm \sigma$;
- 2) $M \pm 2\sigma$;
- 3) $M \pm 3\sigma$;
- 4) $M \pm \sigma^2$.

15. Перемещение за один ход плоского качающегося решета с кривошипно-ползунным механизмом его привода определяется размером:

- 1) длиной шатуна механизма привода;
- 2) длиной подвесок решетного стана;
- 3) размерами кривошипа механизма привода;
- 4) частотой вращения кривошипа механизма привода.

16. Согласно агротехническим требованиям к семенному зерну категории РС, его чистота после обработки на зерноочистительной машине должна составлять:

- 1) 97 %;
- 2) 97,5 %;
- 3) 98 %;
- 4) 98,5 %.

17. Согласно рисунку 1 (рис. 1–4 см. с. 77–79), вектор силы P является:

- 1) составляющей силы инерции;
- 2) составляющей силы тяжести;
- 3) силой инерции;
- 4) силой тяжести;
- 5) реакцией опоры.

18. Угол β на рисунке 1 характеризует:

- 1) направленность колебаний;
- 2) установку решета;
- 3) установку подвесок решета;
- 4) направление траектории колебаний решета.

19. Величина перемещения решета в одну сторону (ход решета) определяется, согласно рисунку 1, размером звена, указанного над номером:

- 1) $0_1 A$;
- 2) r ;
- 3) ℓ ;
- 4) $0^1 K$;
- 5) $0 K$.

20. Угол σ на рисунке 1 определяет:

- 1) наклон решета к горизонтали;
- 2) направление колебаний решета;
- 3) отклонение подвесок решета;
- 4) поворот кривошипа механизма привода решета;
- 5) положение шатуна механизма привода по отношению к решету.

21. Угол γ на рисунке 1 определяет:

- 1) угол между направлением колебаний решета и шатуном механизма его привода;
- 2) угол установки решета к горизонту;
- 3) угол между направлением колебаний решета и самим решетом;
- 4) угол отклонения подвесок решета.

22. Согласно рисунку 1, направление силы инерции, действующей на частицы, расположенные на колеблющемся решете, определяется углом:

- 1) β ;
- 2) ϕ ;
- 3) σ ;
- 4) ψ ;
- 5) α .

23. Установить вид разделения двухкомпонентной зерновой смеси, каждая из которых характеризуется средним арифметическим значением признака делимости соответственно 3,2 мм и 1,9 мм, при одинаковом значении среднего квадратического отклонения, равном 0,2 мм:

- 1) возможно полное разделение;
- 2) возможно частичное разделение;
- 3) разделение невозможно.

24. Установить вид разделения двухкомпонентной зерновой смеси, каждая из которых характеризуется средним арифметическим значением соответственно 2,1 мм и 1,9 мм, при одинаковом значении среднего квадратического отклонения, равном 0,2 мм:

- 1) возможно полное разделение;
- 2) возможно частичное разделение;
- 3) разделение невозможно.

25. Угол между направлением колебания решета и его поверхностью на рисунке 1 обозначен буквой:

- 1) β ;
- 2) σ ;
- 3) Ψ ;
- 4) \acute{o} .

26. Согласно рисунку 2, фракцией, идущей проходом через решето B_2 зерноочистительной машины типа СМ-4 и МС-4,5, в случае, когда зерновая смесь представляет собой семена основной культуры, мелкие, крупные и легкие примеси, является:

- 1) крупные примеси и крупная фракция семян основной культуры;
- 2) крупные примеси;
- 3) крупная фракция основной культуры;
- 4) крупная и мелкая фракция основной культуры;
- 5) легкие примеси.

27. На рисунке 3,а вектором силы, препятствующей движению частиц зерновой смеси по решету вниз, является:

- 1) P ;
- 2) J ;
- 3) N ;
- 4) F ;
- 5) J_x .

28. Характер движения частиц зерновой смеси по поверхности плоского решета, согласно рисунку 4,а, будет:

- 1) вверх и вниз с одной остановкой;
- 2) вверх и вниз с двумя остановками;
- 3) вверх и вниз без остановок;
- 4) движение только вниз;
- 5) движение только вверх.

29. Случай, характеризующий движение частиц зерновой смеси вверх и вниз по плоскому решету с одной их остановкой, указан на рисунке:

- 1) 4,а;
- 2) 4,б;
- 3) 4,в;
- 4) 4,г.

30. Согласно рисунку 2, выход 4 решетной очистки при обработке зерновой смеси предназначен для сбора:

- 1) мелких примесей;
- 2) легких примесей;
- 3) крупных примесей;
- 4) мелких, щуплых и дробленых семян;
- 5) крупных семян.

31. Согласно рисунку 2, фракцией, идущей проходом через делительное решето B_1 зерноочистительной машины типа СМ-4 и МС-4,5, в случае, когда зерновая смесь представляет собой семена основной культуры, мелкие и крупные примеси, является:

- 1) крупные примеси и крупные семена основной культуры;
- 2) крупные примеси;
- 3) мелкие примеси и мелкие семена основной культуры;
- 4) мелкие и легкие примеси.

32. Скорость движущегося решета достигает своего максимального значения при угле поворота кривошипа его привода (рисунок 1), равном:

- 1) 60° ;
- 2) 90° ;
- 3) 120° ;
- 4) 150° ;
- 5) 180° .

33. Определить ускорение, необходимое для перемещения частиц вверх по решетку, можно по уравнению:

$$1) J_P = \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\varphi + \alpha)}$$

$$2) J_P = \frac{\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \alpha)}$$

$$3) J_P = g \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\varphi + \alpha)}$$

$$4) J_P = g \frac{\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \alpha)}$$

34. Согласно рисунку 3,а, силой, обеспечивающей движение частиц зерновой смеси по плоскому решетку, является:

1) J_y ;

2) $J_x + P_x$;

3) P_x ;

4) F .

35. Случай, характеризующий движение частиц зерновой смеси вверх и вниз по плоскому решетку без остановок, указан на рисунке:

1) 4,а;

2) 4,б;

3) 4,в;

4) 4,г.

36. Согласно схеме, представленной на рисунке 2, сходом с решета Г будет фракция, включающая:

1) мелкое зерно основной культуры и мелкие примеси;

2) мелкие примеси;

3) мелкое очищенное зерно;

4) дробленое и недоразвитое зерно.

37. Согласно рисунку 2, выход 1 решетной очистки при обработке зерновой смеси предназначен для сбора:

1) мелких примесей;

2) легких примесей;

- 3) крупных примесей;
- 4) мелких, щуплых и травмированных семян;
- 5) крупных семян.

38. Ускорение колеблющегося решета достигает своего максимального значения при угле поворота кривошипа его привода, равном:

- 1) 60° ;
- 2) 90° ;
- 3) 120° ;
- 4) 150° ;
- 5) 180° .

39. Направление действия силы инерции на частицу, расположенную на решетке зерноочистительной машины, определяется, согласно рисунку 1, углом:

- 1) Ψ ;
- 2) β ;
- 3) α ;
- 4) σ ;
- 5) ϕ .

40. Случай, характеризующий движение частиц зерновой смеси по плоскому решету вниз и вверх с двумя остановками, указан на рисунке:

- 1) 4,а;
- 2) 4,б;
- 3) 4,в;
- 4) 4,г.

41. Согласно рисунку 2, фракцией, идущей сходом с решета Б₂ зерноочистительной машины типа СМ-4 и МС-4,5, в случае, когда зерновая смесь содержит семена основной культуры, мелкие, легкие и крупные примеси, будет:

- 1) крупная фракция семян основной культуры и крупные примеси;
- 2) крупная фракция семян основной культуры;
- 3) крупные примеси;
- 4) крупные и мелкие примеси.

42. Согласно рисунку 1, положение плоского колеблющегося решета в любой момент времени можно определить по уравнению, которое обозначено под номером:

- 1) $X_p = 2r - r \cos\alpha$;
- 2) $X_p = r + r \cos\alpha$;
- 3) $X_p = r - r \sin\alpha$;
- 4) $X_p = r - r \cos\alpha$.

43. Характер поведения частиц зерновой смеси на плоском решете при значительной величине угла θ , согласно силовой схеме, представленной на рисунке 3,г, будет определяться:

- 1) движением частиц вверх;
- 2) движением частиц вниз с отрывом от решета;
- 3) отрывом частиц от решета;
- 4) неподвижным состоянием;
- 5) движением частиц вниз без отрыва от решета.

44. На рисунке 3,б силой, препятствующей перемещению частиц зерновой смеси по плоскому решету, является:

- 1) P_x ;
- 2) J_x ;
- 3) F ;
- 4) $F + P_x$;
- 5) P_x .

45. Характер движения частиц зерновой смеси по поверхности плоского решета, согласно рисунку 4,б, будет:

- 1) вверх и вниз с одной остановкой;
- 2) вверх и вниз с двумя остановками;
- 3) вверх и вниз без остановок;
- 4) только вверх;
- 5) только вниз.

46. Величину скорости колеблющегося решета в любой момент времени можно определить по уравнению:

- 1) $V_p = \omega r$;
- 2) $V_p = \omega r \cos \alpha$;
- 3) $V_p = \omega r \sin \alpha$;
- 4) $V_p = \omega^2 r \sin \alpha$.

47. Закономерность изменения скорости колеблющегося решета в пределах одного хода, выраженная в масштабе угловой скорости вращения кривошипа механизма его привода, подчиняется уравнению:

- 1) прямой линии;
- 2) параболы;
- 3) окружности;
- 4) эллипса.

48. Ускорение, необходимое для отрыва частиц от поверхности плоского решета, можно определить по уравнению:

- 1) $j_p = g \frac{\sin \beta}{\cos \sigma}$;
- 2) $j_p = g \frac{\sin \sigma}{\cos \beta}$;
- 3) $j_p = g \frac{\cos \beta}{\sin \sigma}$;
- 4) $j_p = g \frac{\cos \sigma}{\sin \beta}$.

49. Определить ускорение, необходимое для перемещения частиц вниз по решету, можно по уравнению:

- 1) $j_p = \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\varphi + \sigma)}$;
- 2) $j_p = \frac{\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \sigma)}$;
- 3) $j_p = g \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\varphi + \sigma)}$;
- 4) $j_p = g \frac{\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\varphi - \sigma)}$.

50. Согласно рисунку 2, выход 3 решетной очистки при обработке зерновой смеси предназначен для сбора:

- 1) легких примесей;
- 2) мелких, щуплых и травмированных семян;
- 3) мелких примесей;
- 4) крупных примесей;
- 5) крупного зерна.

51. Согласно рисунку 2, решето В обеспечивает выделение из зерновой смеси:

- 1) щуплого, дробленого зерна основной культуры и мелких примесей;
- 2) крупного зерна основной культуры и крупных примесей;
- 3) мелких примесей;
- 4) мелкого зерна основной культуры;
- 5) крупных примесей.

52. Согласно схеме, представленной на рисунке 2, проходом через отверстия решета Г будет фракция, включающая:

- 1) мелкое зерно основной культуры и мелкие примеси;
- 2) мелкое зерно основной культуры;
- 3) мелкие примеси;
- 4) щуплое, дробленое зерно.

53. Согласно схеме, представленной на рисунке 2, сходом с решета В будет фракция, включающая:

- 1) мелкое зерно основной культуры и мелкие примеси;
- 2) мелкое зерно основной культуры с щуплым и дробленным зерном;
- 3) мелкие примеси;
- 4) крупное зерно основной культуры и крупные примеси.

54. Согласно рисунку 2, сход с решета Б₁ при обработке зерновой смеси с компонентами: семена основной культуры, мелкие легкие и крупные примеси – будет содержать:

- 1) мелкие примеси и мелкие семена основной культуры;
- 2) крупные примеси и мелкие семена основной культуры;
- 3) крупные примеси;
- 4) мелкие примеси;
- 5) крупные семена основной культуры и крупные примеси.

55. Возможный характер поведения частиц зерновой смеси на плоском решете, согласно схеме сил, представленной на рисунке 3,а, будет соответствовать:

- 1) перемещению вверх по решету;
- 2) перемещению вниз по решету;
- 3) отрыву от поверхности решета;
- 4) неподвижному состоянию на решете.

56. Характер поведения частиц зерновой смеси на плоском решете, согласно силовой схеме, представленной на рисунке 3,б, будет определяться:

- 1) движением частиц вверх;
- 2) движением частиц вниз;
- 3) неподвижным состоянием частиц;
- 4) отрывом частиц от решета.

57. Направление силы трения F , изображенное на рисунке 3,а, характеризует один из возможных вариантов поведения частицы на решете:

- 1) движение частицы вверх по решету;
- 2) движение частицы вниз по решету;
- 3) отрыв частицы от поверхности решета;
- 4) частица расположена на неподвижном решете.

58. Согласно рисунку 2, выход 2 решетной очистки при обработке зерновой смеси предназначен для сбора:

- 1) мелких примесей;
- 2) легких примесей;
- 3) крупных примесей;
- 4) мелкой фракции семян очищаемой культуры;
- 5) очищенного зерна.

59. Случай, характеризующий отрыв частиц зерновой смеси от поверхности колеблющегося решета при их одновременном движении вниз, показан на рисунке 3 под номером:

- 1) 3, а;
- 2) 3, б;
- 3) 3, в;
- 4) 3, г.

60. Характер поведения частиц зерновой смеси на плоском решете, согласно силовой схеме, представленной на рисунке 3,в, будет определяться:

- 1) движением частиц вверх;
- 2) движением частиц вниз;
- 3) отрывом от решета при движении вниз;
- 4) движением только вниз;
- 5) неподвижным состоянием на решете.

61. Случай, характеризующий перемещение частиц зерновой смеси вниз по плоскому решету, указан на рисунке:

- 1) 3,а;
- 2) 3,б;
- 3) 3,в;
- 4) 3,г.

62. Характер движения частиц зерновой смеси по поверхности плоского решета, согласно рисунку 4,в, будет:

- 1) вверх и вниз без остановок;
- 2) вверх и вниз с одной остановкой;
- 3) движение только вверх;
- 4) движение только вниз.
- 5) вверх и вниз с двумя остановками.

63. Случай, характеризующий движение частиц зерновой смеси вверх по плоскому решету, указан на рисунке:

- 1) 3,а;
- 2) 3,б;
- 3) 3,в;
- 4) 3,г.

64. Случай, характеризующий неподвижное состояние частиц зерновой смеси на плоском решете, указан на рисунке:

- 1) 3,а;
- 2) 3,б;
- 3) 3,в;
- 4) 3,г.

65. Случай, характеризующий движение частиц зерновой смеси только вниз по плоскому решету, указан на рисунке:

- 1) 4,а;
- 2) 4,б;
- 3) 4,в;
- 4) 4,г.

66. Характер движения частиц зерновой смеси по поверхности плоского решета, согласно рисунку 4,г, будет:

- 1) вверх и вниз без остановок;
- 2) вверх и вниз с одной остановкой;
- 3) вверх и вниз с двумя остановками;
- 4) движение только вверх;
- 5) движение только вниз.

67. В зерноочистительных машинах ЗВС-20, ОВС-25 принята схема размещения решет в решетном стане:

- 1) одноярусная однорешетная;
- 2) одноярусная двухрешетная;
- 3) двухъярусная двухрешетная;
- 4) двухъярусная четырехрешетная;
- 5) трехъярусная шестирешетная.

68. Зерноочистительные машины предварительной очистки после обработки зернового вороха обеспечивают:

- 1) повышение сыпучести зерна за счет отделения примесей;
- 2) получение продовольственного зерна;

- 3) получение семенного зерна;
- 4) получение специальной фракции зерна.

69. Зерноочистительные машины первичной очистки зернового вороха обеспечивают:

- 1) повышение сыпучести зерна за счет отделения примесей;
- 2) получение продовольственного зерна;
- 3) получение семенного зерна;
- 4) получение специальной фракции зерна.

70. Зерноочистительные машины вторичной очистки зернового вороха обеспечивают:

- 1) повышение сыпучести зерна за счет отделения примесей;
- 2) получение продовольственного зерна;
- 3) получение семенного зерна;
- 4) получение специальной фракции зерна.

Решето

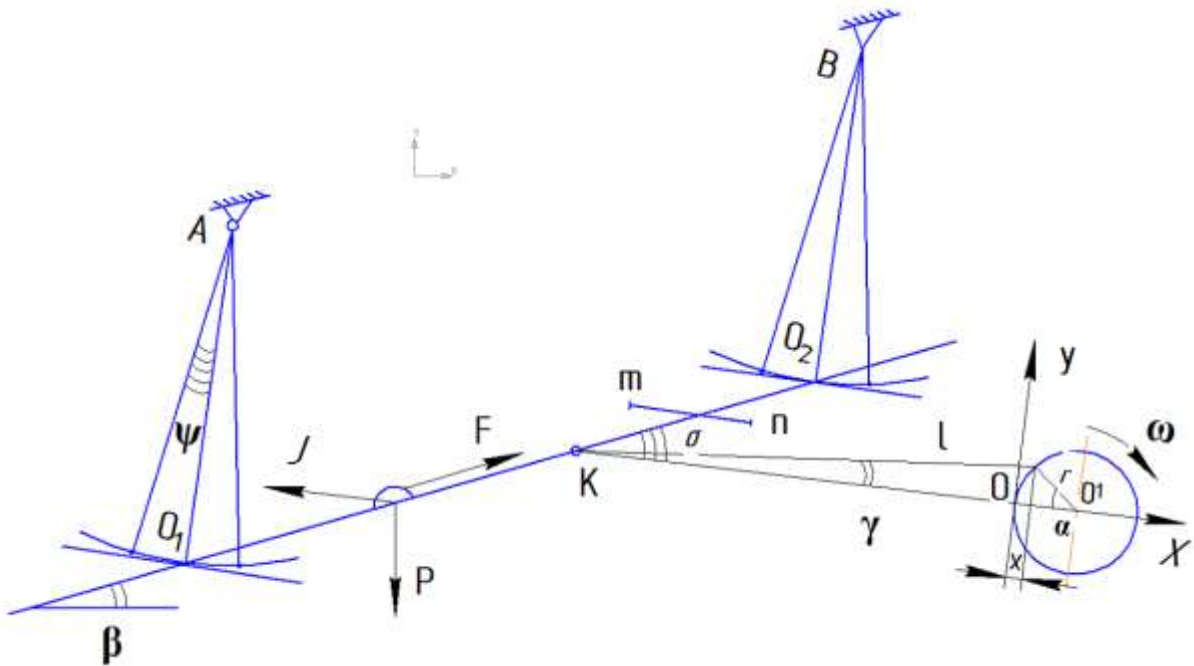


Рисунок 1 – Схема привода решета и один из возможных вариантов направления действующих сил на очищаемый материал

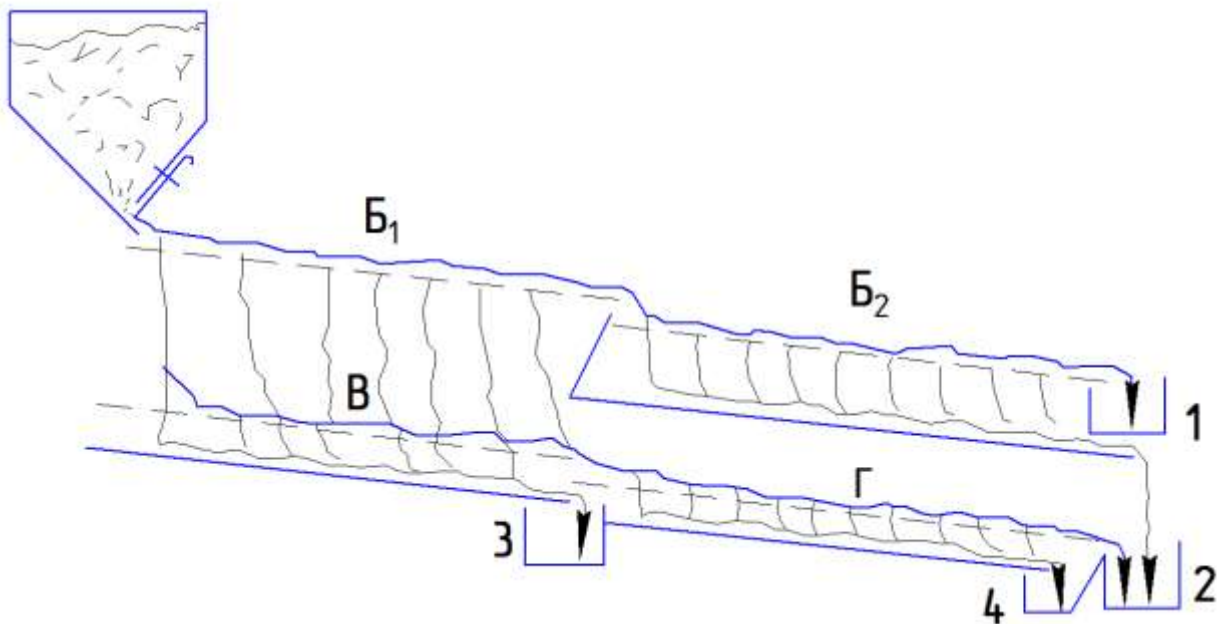


Рисунок 2 – Разделение зерновой смеси на составляющие компонентами плоскими решетами: B_1 ; B_2 ; B ; G – наименование решет; 1...4 – выходы примесей и очищенного зерна

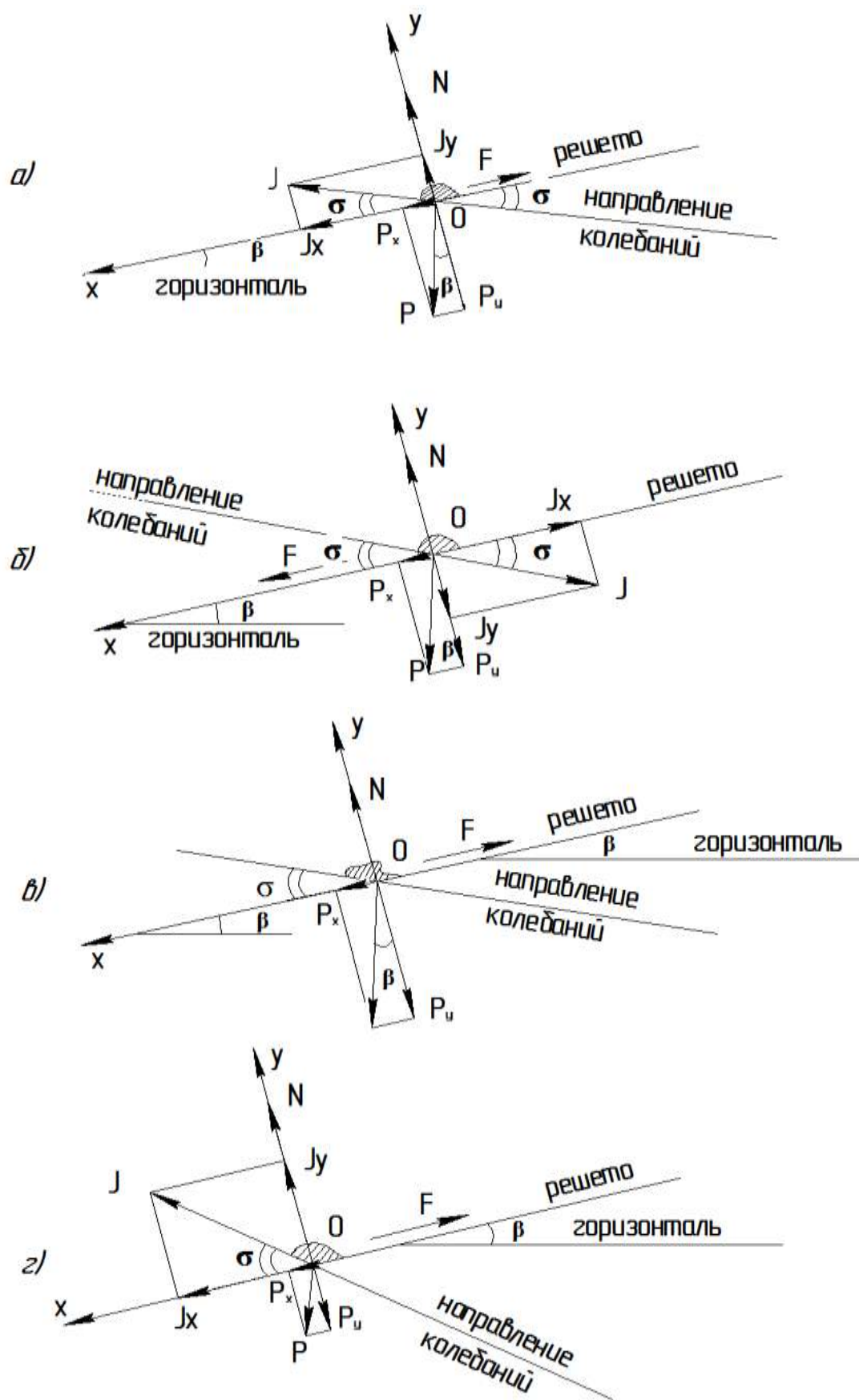


Рисунок 3 – Характер поведения зерновой смеси на плоском колеблющемся решете

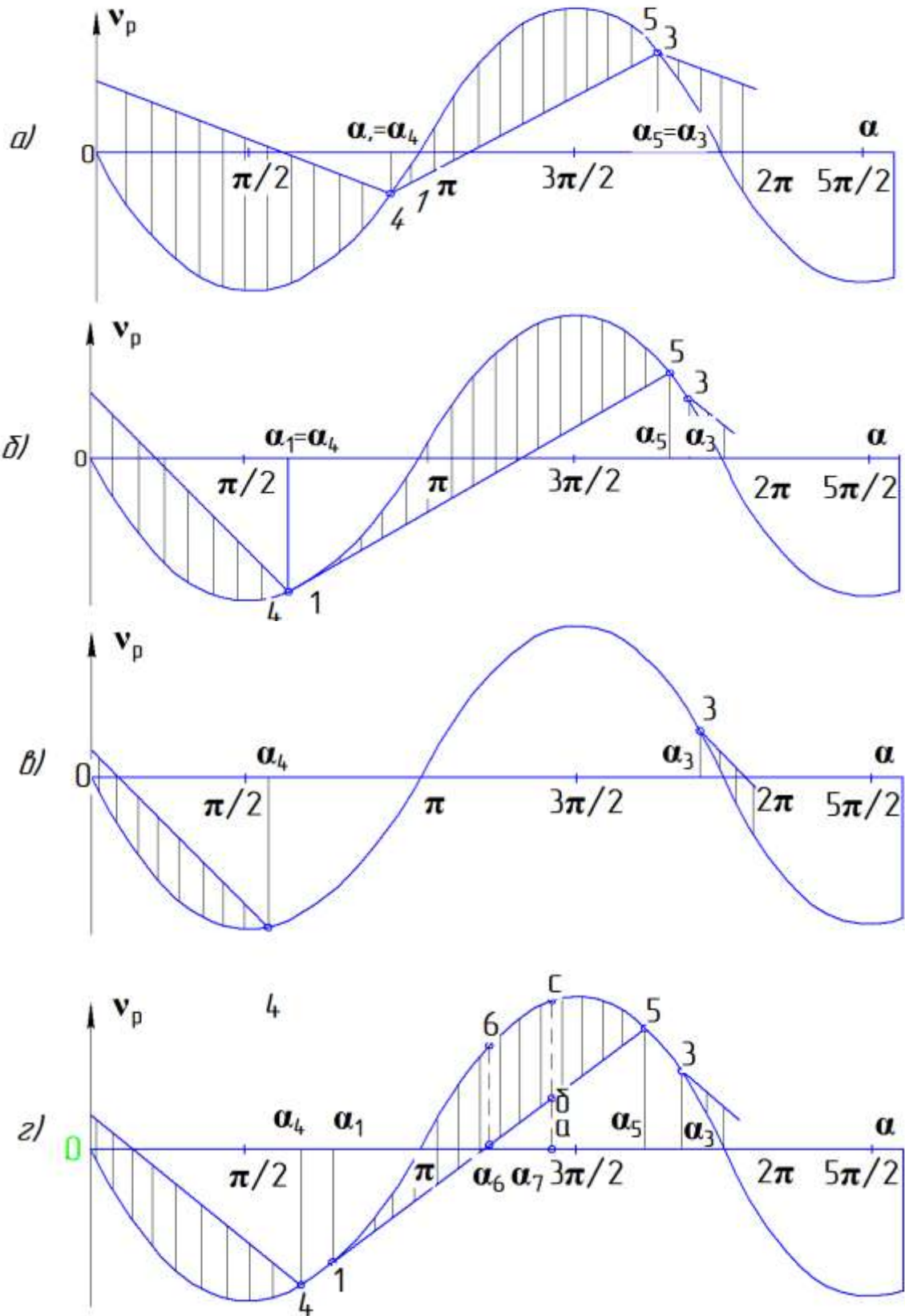


Рисунок 4 – Характер движения зерновой смеси относительно поверхности плоского колеблющегося решета

Задачи

1. Установить возможность движения материала вниз по решетке, если коэффициент трения о решетку $f = 0,4$, угол между направлением колебаний и решеткой и угол наклона решетки к горизонту составляют 5° , а решетка колеблется с частотой 6 Гц и амплитудой 4 мм.

2. Установить возможность движения материала вверх по решетке, если коэффициент трения о решетку $f = 0,5$, угол наклона решетки к горизонту и угол между направлением колебаний и решеткой составляет 6° , а решетка колеблется с частотой 8 Гц и амплитудой 4 мм.

3. Установить возможность отрыва материала от решетки, если угол наклона решетки к горизонту и угол между направлением колебаний и решеткой составляют 5° , а решетка колеблется с частотой 8 Гц и амплитудой 7 мм.

4. Установить характер поведения материала на решетке, если коэффициент трения о решетку $f = 0,46$, угол между направлением колебаний и решеткой и угол наклона решетки к горизонту составляют 6° , а решетка колеблется с частотой 6,5 Гц и амплитудой 8 мм.

5. Определить наименьшую частоту вращения кривошипа привода решетки, обеспечивающую перемещение материала вниз по решетке, если коэффициент трения его о решетку $f = 0,45$, угол между направлением колебаний и решеткой и угол наклона решетки к горизонту равны между собой и составляют 7° , амплитуда колебаний решетки – 7 мм.

6. Определить наименьшую частоту вращения кривошипа привода решетки, обеспечивающую перемещение материала вверх по решетке, если коэффициент трения его о решетку $f = 0,4$, угол между направлением колебаний и решеткой и угол наклона решетки к горизонту равны между собой и составляют 8° , амплитуда колебаний решетки – 6 мм.

7. Определить наименьшую частоту вращения кривошипа решетки, обеспечивающую отрыв материала от решетки, если угол между направлением и решеткой и угол наклона решетки к горизонту равны между собой и составляют 10° , амплитуда колебаний решетки – 8 мм.

8. Определить наименьшую частоту вращения кривошипа привода решетки, обеспечивающую перемещение материала вниз, вверх по решетке и отрыв от решетки, если угол между направлением колебаний и решеткой и угол наклона решетки к горизонту равны между собой и составляют 9° , амплитуда колебаний решетки – 7 мм, а коэффициент трения материала о решетку $f = 0,45$.

9. Определить амплитуду колебаний решета, обеспечивающую движение материала вниз по решету, если оно колеблется с частотой 5 Гц, коэффициент трения материала о решето $f = 0,46$, а угол между направлением колебаний и решетом и угол наклона решета к горизонту равны между собой и составляют 7° .

10. Определить, при какой амплитуде колебаний решета обеспечивается движение материала вниз по решету, если угол наклона решета к горизонту и угол между направлением колебаний и решетом равны между собой и составляют 10° , коэффициент трения материала о решето $f = 0,4$, и оно колеблется с частотой 7 Гц.

11. Установить, при каких положениях решета его ускорение будет максимальным, каково будет при этом положение кривошипа привода решета.

12. Определить диапазон изменения угла поворота кривошипа привода решета, необходимый для перемещения материала вниз по решету, если угол между направлением колебаний и решетом и угол наклона решета к горизонту составляют 9° , решето колеблется с частотой 8 Гц и амплитудой 7 мм, а коэффициент трения материала о решето $f = 0,45$.

13. Определить предельную скорость перемещения очищаемого материала по решету, обеспечивающую надежный его проход через отверстия, если их длина равна 30 мм, максимальные размеры частиц: длина – 9 мм, толщина – 4 мм. Решето наклонено под углом 7 градусов к горизонту.

14. Определить диапазон изменения угла поворота кривошипа привода решета, обеспечивающего перемещение материала вверх по решету, если угол между направлением колебаний и решетом и угол наклона решета к горизонту равны и составляют 7° , решето колеблется с частотой 8 Гц и амплитудой 6 мм, а угол трения материала о решето составляет 20° .

Ответы

1. $\omega^2 r = 5,68 \text{ м/с}^2$; $|\omega^2 r|_H = 4,91 \text{ м/с}^2$; следовательно, движение материала вниз по решетке обеспечено.

2. $\omega^2 r = 10 \text{ м/с}^2$; $|\omega^2 r|_B = 6,5 \text{ м/с}^2$; следовательно, движение материала вверх по решетке обеспечено.

3. $\omega^2 r = 112,4 \text{ м/с}^2$; $|\omega^2 r|_{от} = 17,67 \text{ м/с}^2$; следовательно, отрыва материала от решетки не будет.

4. $\omega^2 r = 13,3 \text{ м/с}^2$; $|\omega^2 r|_H = 3,3 \text{ м/с}^2$; $|\omega^2 r|_B = 5,6 \text{ м/с}^2$; $|\omega^2 r|_{от} = 93,3 \text{ м/с}^2$; следовательно, будет наблюдаться движение материала вверх и вниз по решетке без его отрыва от решетки.

5. Частота вращения кривошипа привода решетки $n = 186 \text{ мин}^{-1}$.

6. Частота вращения кривошипа привода решетки $n = 292 \text{ мин}^{-1}$.

7. Частота вращения кривошипа привода решетки $n = 797 \text{ мин}^{-1}$.

8. Перемещение материала вниз по решетке будет при $n = 186 \text{ мин}^{-1}$; вверх при $n = 289 \text{ мин}^{-1}$ и отрыв при $n = 899 \text{ мин}^{-1}$.

9. Амплитуда колебаний решетки $r = 3,1 \text{ мм}$.

10. При движении материала вниз по решетке $r_H = 1,0 \text{ мм}$, вверх $r_B = 3 \text{ мм}$.

11. При крайних положениях решетки и горизонтальном положении кривошипа его привода.

12. В пределах от 279° в IV четверти до 81° – в первой четверти.

$$13. W_n = \left(d - \frac{b}{2} - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta\right) \sqrt{\frac{g \operatorname{Cos} \beta}{b}}.$$

14. От $\alpha_B = 100,4^\circ$ во втором квадранте до $252,6^\circ$ в третьем квадранте.

По цилиндрическому триеру

Тестовые задания

1. Рабочим органом, разделяющим частицы зерновой смеси по их геометрическому размеру – длине, является:

- 1) вертикальный воздушный канал;
- 2) плоское решето с круглыми отверстиями;
- 3) цилиндрическое решето с продолговатыми отверстиями;
- 4) плоское решето с продолговатыми отверстиями;
- 5) триер.

2. Признаком делимости при очистке зерновой смеси в цилиндрическом триере является:

- 1) аэродинамические свойства;
- 2) форма частиц;
- 3) длина частиц;
- 4) ширина частиц;
- 5) толщина частиц.

3. Показатель кинематического режима работы цилиндрического триера определяется:

- 1) отношением диаметра цилиндра к частоте его вращения;
- 2) отношением диаметра цилиндра к его длине;
- 3) отношением развиваемого нормального ускорения вращающегося цилиндра к его частоте вращения;
- 4) отношением развиваемого нормального ускорения вращающегося цилиндра к ускорению свободного падения;
- 5) отношением производительности цилиндра за один оборот к его рабочей поверхности.

4. Особенностью цилиндра овсюжного триера по сравнению с кукольным являются:

- 1) меньшие параметры ячеек и меньшая частота вращения цилиндра;
- 2) большие параметры ячеек и наличие подпорного кольца;

3) наличие подпорного кольца и большая частота вращения цилиндра;

4) большие параметры ячеек.

5. Рекомендуемые значения показателя кинематического режима работы цилиндрического триера при очистке семян зерновых культур, обеспечивающие надежную и качественную его работу:

1) 0,20...0,30;

2) 0,35...0,45;

3) 0,50...0,70;

4) 0,75...0,80.

6. При обработке мелкосеменных культур в цилиндрическом триере с внутренней рабочей поверхностью его показатель кинематического режима работы рекомендуется принимать равным:

1) 0,2...0,3;

2) 0,3...0,4;

3) 0,4...0,5;

4) 0,5...0,6.

7. При показателе кинематического режима работы цилиндрического триера, равного единице, поднятые ячейкой короткие частицы:

1) будут выпадать из ячеек в самом верхнем их положении;

2) останутся в ячейках;

3) короткие частицы не будут заполнять ячейки триера.

8. В конце овсюжного цилиндра триера установлено диафрагментное (подпорное) кольцо, которое обеспечивает:

1) очистку ячеек от застрявших коротких частиц;

2) повышение частоты вращения цилиндра триера;

3) увеличение рабочей длины цилиндра триера;

4) снижение скорости движения обрабатываемого материала вдоль цилиндра.

9. Величина угла подъема частиц ячейками цилиндрических триеров одного конструктивного исполнения, измеряемого от горизонтального их диаметра, определяется:

- 1) частотой вращения триера;
- 2) частотой вращения и углом трения частиц об опорную поверхность его ячейки;
- 3) показателем кинематического режима работы триера и углом трения частиц об опорную поверхность его ячейки;
- 4) скоростью вращения триера.

10. С уменьшением диаметра цилиндрического триера показатель кинематического режима его работы можно:

- 1) уменьшить;
- 2) увеличить;
- 3) оставить прежним.

11. С уменьшением угла наклона лотка (желоба) овсюжного триера при очистке семян пшеницы ее засоренность:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

12. Для повышения качества очистки семян основной культуры от примесей в кукольном триере необходимо:

- 1) уменьшить частоту вращения цилиндра;
- 2) увеличить частоту вращения;
- 3) поднять лоток триера;
- 4) опустить лоток триера.

13. С увеличением угла наклона лотка овсюжного триера потери основной культуры, содержащей длинные примеси:

- 1) уменьшаются;
- 2) увеличиваются;
- 3) не изменяются.

14. Показатель кинематического режима работы цилиндрического триера определяется уравнением:

1) $K = \frac{\omega r}{g}$;

2) $K = \frac{g}{\omega r}$;

3) $K = \frac{\omega^2 r}{g}$;

4) $K = \frac{g}{\omega^2 r}$;

5) $K = \frac{\omega^2 r}{mg}$.

15. При увеличении угла наклона лотка (желоба) овсюжного триера качество очищаемого материала основной культуры:

- 1) повысится;
- 2) снизится;
- 3) не изменится.

16. С увеличением центробежной силы J (рисунок, а, см. с. 94) угол затаскивания (скольжения) длинных частиц внутренней рабочей поверхностью цилиндрического триера будет:

- 1) увеличиваться;
- 2) уменьшаться;
- 3) не изменяться.

17. С увеличением силы P_1 (рисунок, а) угол затаскивания (скольжения) длинных частиц зерновой смеси рабочей поверхностью триера будет:

- 1) увеличиваться;
- 2) уменьшаться;
- 3) оставаться неизменным.

18. С уменьшением угла наклона лотка (желоба) овсюжного триера при очистке семян пшеницы ее засоренность:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

19. Для двух овсюжных цилиндрических триеров разного диаметра, причем $D_1 < D_2$, углы подъема частиц их ячейками α_1 и α_2 , при одинаковой частоте вращения будут соотноситься:

- 1) $\alpha_1 > \alpha_2$;
- 2) $\alpha_1 < \alpha_2$;
- 3) $\alpha_1 = \alpha_2$.

20. Для двух цилиндрических триеров разного диаметра, вращающихся с одинаковой скоростью, причем $D_1 > D_2$, их показатели кинематического режима работы K_1 и K_2 , обеспечивающее качественную очистку, будут соотноситься:

- 1) $K_1 > K_2$;
- 2) $K_1 < K_2$;
- 3) $K_1 = K_2$.

21. Для двух частиц с массами m_1 и m_2 , причем $m_1 > m_2$, углы затаскивания (скольжения) α_c их внутренней рабочей поверхностью вращающегося цилиндрического триера будут соотноситься:

- 1) $\alpha_{c1} = \alpha_{c2}$;
- 2) $\alpha_{c1} > \alpha_{c2}$;
- 3) $\alpha_{c1} < \alpha_{c2}$.

22. Соотношение сил $f(J+P_2)-P_1 = 0$ (рисунок, а) обеспечивает длинным частицам в цилиндрическом триере движение (скольжение):

- 1) вверх;
- 2) начало движения вниз;
- 3) движение вниз;
- 4) отрыв от поверхности триера.

23. Угол затаскивания (скольжения) длинных частиц внутренней рабочей поверхностью (рисунок, а) определяется силой:

- 1) P_2 ;
- 2) P_1 ;
- 3) J ;

- 4) P;
- 5) F.

24. Угол затаскивания длинных частиц внутренней рабочей поверхностью цилиндрического триера, при котором начнется их скольжение вниз, определяется уравнением:

- 1) $\alpha_c = \frac{\pi}{2} - \arcsin (K \cdot \sin \varphi)$;
- 2) $\alpha_c = \varphi + \arcsin (K \cdot \cos \varphi)$;
- 3) $\alpha_c = \frac{\pi}{2} - \varphi + \arccos (K \cdot \sin \varphi)$;
- 4) $\alpha_c = \varphi + \arcsin (K \cdot \sin \varphi)$.

25. Определить угол подъема частиц ячейками цилиндрического триера, измеряемый от вертикального диаметра цилиндра, можно по уравнению:

- 1) $\alpha_n = \varphi + \arcsin (K \cdot \sin \varphi)$;
- 2) $\alpha_n = \frac{\pi}{2} + \varphi + \arcsin (K \cdot \sin \varphi)$;
- 3) $\alpha_n = \frac{\pi}{2} + \varphi - \arccos (K \cdot \sin \varphi)$;
- 4) $\alpha_n = \frac{\pi}{2} + \varphi + \arcsin (K \cdot \cos \varphi)$.

26. В цилиндрическом триере, вращающемся с небольшой скоростью, центробежная сила, действующая на частицу в ячейке триера, будет направлена:

- 1) по радиусу от центра триера;
- 2) по радиусу к центру триера;
- 3) по касательной к центру триера;
- 4) центробежная сила отсутствует.

27. Реальными силами, обеспечивающими выпадение частиц из ячеек цилиндрического триера, являются:

- 1) центробежная сила;
- 2) сила тяжести;
- 3) центробежная сила и сила тяжести;
- 4) сила трения и сила тяжести;
- 5) сила трения.

28. В неподвижном цилиндрическом триере центробежная сила, действующая на частицу, запавшую в ячейку, направлена:

- 1) по радиусу к центру триера;
- 2) по радиусу от центра триера;
- 3) по касательной к центру триера;
- 4) центробежная сила отсутствует.

29. Активными силами, действующими на частицу, запавшую в ячейку вращающегося цилиндрического триера (рисунок, а), являются:

- 1) J, F;
- 2) J, P, F;
- 3) J, P;
- 4) J, P₁, N;
- 5) F, P₁, N.

30. С увеличением силы P₁ (рисунок, а) угол затаскивания (скольжения) длинных частиц зерновой смеси внутренней рабочей поверхностью триера:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

31. С увеличением силы P₂ (рисунок, а) угол затаскивания (скольжения) длинных частиц зерновой смеси внутренней рабочей поверхностью цилиндрического триера:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

32. Для четырех цилиндрических триеров одинаковой длины, но с различными диаметрами, причем $D_1 > D_2 > D_3 > D_4$, вращающихся с одной и той же частотой, наибольшая производительность будет у цилиндра:

- 1) D₁;
- 2) D₂;
- 3) D₃;
- 4) D₄.

33. Частицы, зававшие в ячейки цилиндрического триера с разными массами, причем $m_1 < m_2$, будут выпадать из них в последовательности:

- 1) частица с m_1 раньше частицы с m_2 ;
- 2) частица с m_2 раньше частицы с m_1 ;
- 3) обе частицы одновременно.

34. С увеличением угла наклона опорной поверхности ячейки Ψ (рисунок, б) угол выпадения частиц из ячеек цилиндрического триера:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

35. Угол, определяющий положение опорной стенки ячейки цилиндрического триера, на рисунке (б) обозначен:

- 1) ωt ;
- 2) β ;
- 3) Ψ ;
- 4) $\alpha - \beta$.

36. Составляющая силы тяжести P_x (рисунок, б), приложенной к зававшей в ячейку цилиндрического триера частице, стремится последнюю:

- 1) вытолкнуть из ячейки;
- 2) удерживать в ячейке;
- 3) оторвать от опорной поверхности ячейки;
- 4) прижать к опорной поверхности ячейки.

37. Составляющая центробежной силы J_x (рисунок, б), приложенной к частице, зававшей в ячейку цилиндрического триера, вызывает ее:

- 1) выталкивание из ячейки;
- 2) отрыв от опорной поверхности;
- 3) прижатие к опорной поверхности;
- 4) удержание в ячейке.

38. На частицу, запавшую в ячейку вращающегося цилиндрического триера (рисунок, б), действуют активные силы:

- 1) F, J_x, P_x ;
- 2) J, P, F ;
- 3) J, P, N ;
- 4) P, J .

39. Установите характер поведения частицы, запавшей в ячейку цилиндрического триера, если действующие на нее силы вдоль оси X (рисунок, б) подчиняются условию $J_x + F - P_x < 0$:

- 1) частица выпадает из ячейки;
- 2) частица удерживается в ячейке;
- 3) частица отрывается от опорной поверхности ячейки;
- 4) частица прижимается к опорной поверхности ячейки.

40. С уменьшением угла наклона опорной поверхности ячейки триера Ψ (рисунок, б) угол подъема коротких частиц ячейками цилиндрического триера:

- 1) уменьшится;
- 2) увеличится;
- 3) не изменится.

41. Согласно рисунку, б, силой, выталкивающей частицу из ячейки цилиндрического триера, является:

- 1) P ;
- 2) P_x ;
- 3) J ;
- 4) J_x .

42. Сила трения, удерживающая частицу в ячейке триера от ее выпадения, определяется силами:

- 1) J_y ;
- 2) P_y ;
- 3) $J_y + P_y$;

- 4) P_x ;
- 5) $J_x - P_x$.

43. Установите характер поведения частицы, зававшей в ячейку цилиндрического триера, если действующие на нее силы вдоль оси X (рисунок, б) подчиняются условию $J_x + F - P_x > 0$:

- 1) частица удерживается в ячейке;
- 2) частица выпадает из ячейки;
- 3) частица отрывается от опорной поверхности ячейки;
- 4) частица прижимается к опорной поверхности ячейки.

44. Частица, зававшая в ячейку цилиндрического триера при его вращении (рисунок, б) удерживается силами, действующими вдоль опорной ее поверхности:

- 1) J_x ;
- 2) F ;
- 3) J_x, F ;
- 4) J_x, F, N ;
- 5) J_x, F, N, J_y .

45. Установить возможность разделения двухкомпонентной зерновой смеси по длине частиц в цилиндрическом триере, если их средние арифметические значения соответственно равны 8,3 и 8,5 мм при одинаковом среднем квадратическом отклонении 0,25 мм:

- 1) возможно полное разделение;
- 2) возможно частичное разделение;
- 3) разделить нельзя.

46. Если зерновая смесь, включающая семена пшеницы, куколя и овса, предварительно обработана в овсюжном триере и поступает в кукольный триер, то в его лотке и сходом будут семена:

- 1) в лотке овес, сходом – куколь;
- 2) в лотке куколь, сходом – овес;
- 3) в лотке пшеница, сходом – куколь;
- 4) сходом пшеница, в лотке – куколь.

47. Если зерновая смесь включает семена пшеницы, овса и куколя, предварительно обработана в кукольной триере и поступает в овсюжный триер, то в его лотке и сходом будут семена:

- 1) в лотке куколя, сходом – овес;
- 2) сходом пшеница, в лотке – овес;
- 3) в лотке куколя, сходом – пшеница;
- 4) в лотке овес, сходом – куколя;
- 5) в лотке пшеница, сходом овес.

48. Установить возможность разделения двухкомпонентной зерновой смеси по длине частиц в цилиндрическом триере, если их средние арифметические значения соответственно равны 7,4 и 9,4 мм при одинаковом среднем квадратическом отклонении 0,3 мм:

- 1) возможно полное разделение;
- 2) возможно частичное разделение;
- 3) разделить нельзя.

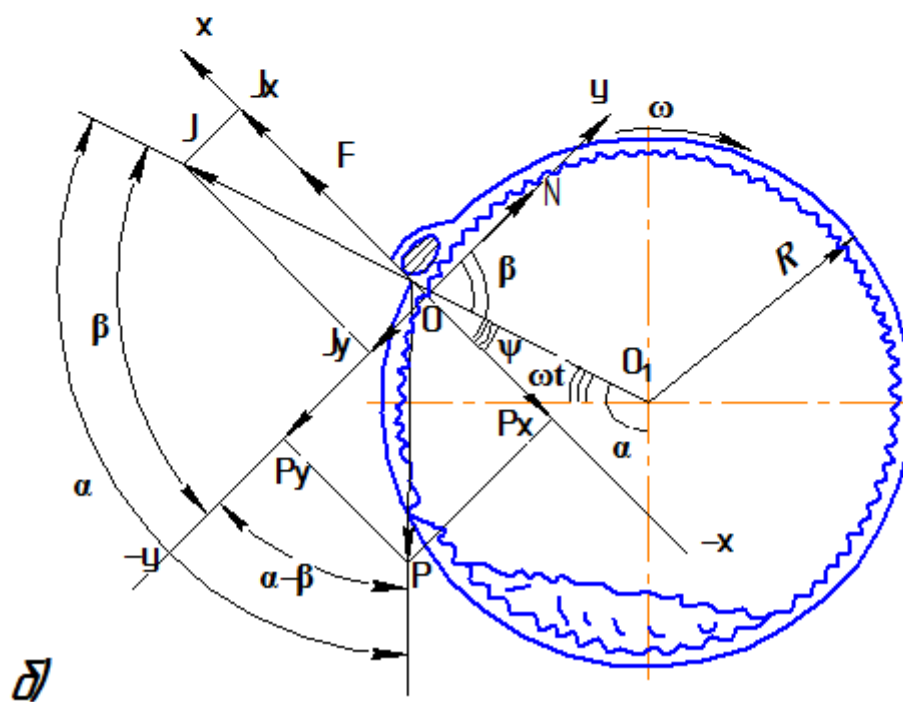
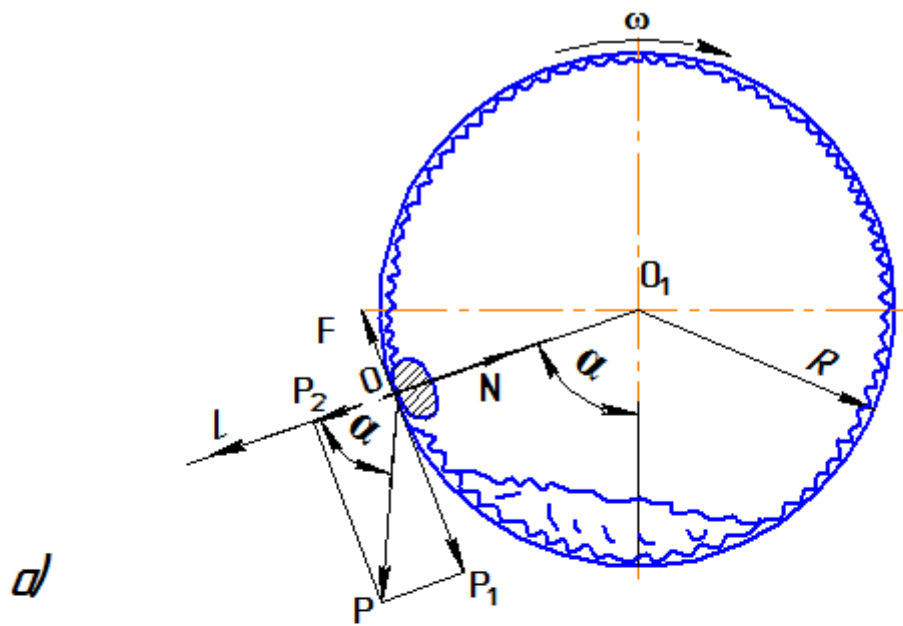
49. Первая цифра в марке триерного блока БТЦ-700-5 определяет:

- 1) удельную производительность блока, кг/м²;
- 2) длину цилиндра, см;
- 3) диаметр цилиндра, мм;
- 4) количество ячеек в цилиндре, шт/м².

50. Вторая цифра в марке триерного блока БТЦ-700-5 определяет:

- 1) число цилиндров в блоке, шт.;
- 2) суммарную длину цилиндров в блоке, м;
- 3) производительность блока, т/ч;
- 4) диаметр ячейки цилиндра, мм;
- 5) количество сегментов в цилиндре, шт.

Цилиндрический триер



Схемы действующих сил при подъеме частиц:
 а – внутренней рабочей поверхностью триера; б – ячейкой триера

Задачи

1. Определить угол подъема (скольжения) длинных частиц внутренней рабочей поверхностью цилиндрического триера, вращающегося с частотой $n = 47 \text{ мин}^{-1}$. Диаметр цилиндра $D = 600 \text{ мм}$, а коэффициент трения частиц о поверхность триера $f = 0,55$.

2. Определить угол выпадения частиц из ячеек цилиндрического триера диаметром $D = 0,6 \text{ м}$, вращающегося с частотой $n = 47 \text{ мин}^{-1}$. Коэффициент трения частиц о поверхность ячеек $f = 0,4$.

3. Для триера $D = 0,6 \text{ м}$ определить частоту вращения цилиндра, при которой прекратится процесс отделения зерна от длинных частиц (примесей).

4. Два работающих цилиндрических триера имеют разные диаметры D_1 и D_2 , причем $D_1 > D_2$, но одинаковые показатели кинематического режима работы. Укажите, какое должно быть соотношение между частотой вращения этих триеров, используя математические зависимости.

5. Определить угол α_1 затаскивания (скольжения) длинных частиц внутренней поверхностью цилиндрического триера диаметром $D = 600 \text{ мм}$, вращающихся с частотой $n = 45 \text{ мин}^{-1}$, если коэффициент трения этих частиц о поверхность триера $f = 0,30$.

6. Определить угол α_2 выпадения коротких частиц из ячеек цилиндрического триера диаметром $D = 600 \text{ мм}$, вращающегося с частотой 50 мин^{-1} , если коэффициент трения этих частиц о поверхность ячеек $f = 0,25$.

7. Установить, будет ли наблюдаться выпадение коротких частиц из ячеек цилиндрического триера диаметром $D = 600 \text{ мм}$, вращающегося с частотой 55 мин^{-1} .

8. При какой частоте вращения цилиндрического триера диаметром $D = 600 \text{ мм}$ будет стабильно протекать процесс разделения зерновой смеси?

9. Установить, будет ли наблюдаться четкое разделение смеси в цилиндрическом триере диаметром $D = 600$ мм, вращающемся с частотой $n = 40 \text{ мин}^{-1}$, если коэффициент трения длинных частиц $f_d = 0,81$, а коротких – $f_k = 0,21$.

10. Определить показатель кинематического режима работы цилиндрического триера диаметром $D = 600$ мм, если он вращается с частотой $n = 55 \text{ мин}^{-1}$. Будет ли при этом режиме работы триера четкое разделение смеси на длинные и короткие фракции?

11. Определить критическую частоту вращения цилиндрического триера диаметром $D = 600$ мм.

12. Определить оптимальную частоту вращения триера диаметром $D = 700$ мм, работающего с показателем кинематического режима $K = 0,7$.

13. Определить диаметр цилиндрического триера, рабочий процесс которого характеризуется показателем $K = 0,4$, при частоте его вращения $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Ответы

1. $\alpha_c = 74^\circ$.
2. $\alpha_n = 128^\circ$.
3. $n = 54 \text{ мин}^{-1}$.
4. $n_2 > n_1$.
5. $\alpha_1 = 28,6^\circ$.
6. $\alpha_2 = 154^\circ$.
7. Выпадения коротких частиц из ячеек триера не будет.
8. Для $K = 0,6$ $n = 43 \text{ мин}^{-1}$, а для $K = 0,7$ – 45 мин^{-1} .
9. Будет наблюдаться четкое разделение коротких и длинных частиц.
10. $K > 1$, поэтому четкого разделения по длине частиц не будет.
11. Критическая частота вращения триера $n = 54,4 \text{ мин}^{-1}$.
12. $n = 42,3 \text{ мин}^{-1}$.
13. $D = 290 \text{ мм}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие способствует получению теоретических и практических навыков при разработке и внедрении высокоэффективных технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна.

В пособии приведены требования к зерновому и семенному материалу в зависимости от назначения и задачи послеуборочной их обработки, позволяющей оценить качественные показатели работы зерноочистительных машин.

Материалы, приведённые в пособии, позволяют на достаточно высоком уровне изучить вопросы по обоснованию технологических параметров основных рабочих органов зерноочистительных машин для эффективной и качественной настройки их на оптимальные режимы очистки и сортирования зерновых смесей стебельных сельскохозяйственных культур.

Представленные в данной работе тестовые задания и задачи конкретизируют уровень знания материала, позволяют проводить текущий контроль и промежуточную аттестацию студентов и магистрантов и в целом способствуют качественному и своевременному освоению дисциплин «Сельскохозяйственные машины» и «Анализ рабочих процессов машин для уборки и послеуборочной обработки зерна».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Босой, Б.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Б.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.
2. Вишняков, А.С. Обоснование и расчет параметров рабочих органов для уборки и послеуборочной обработки зерна / А.С. Вишняков, С.К. Манасян, О.В. Лисунов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 148 с.
3. Государственная программа развития сельского хозяйства и продовольствия РФ на 2013-2020 гг. – М., 2013.
4. Долгов, И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины / И.А. Долгов. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2004. – 725 с.
5. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2008. – 816 с.
6. Система технологий и машин для сельскохозяйственного производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Л.П. Кормановский [и др.]. – М.: Информагротех, 1997.
7. Тарасенко, А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян / А.П. Тарасенко. – М.: КолосС, 2008. – 232 с.
8. Турбин, Б.Г. Сельскохозяйственные машины / Б.Г. Турбин, А.Б. Лурье, С.М. Григорьев. – Л.: Машиностроение, 1967. – 583 с.
9. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: КолосС, 2003. – 624 с.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Учебное пособие

*Вишняков Анатолий Степанович
Богиня Михаил Васильевич
Лисунов Олег Васильевич*

Редактор *Т.М. Мاستрич*

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 27. 03. 2017. Формат 60x90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 6,25. Тираж 100 экз. Заказ № 74

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117