

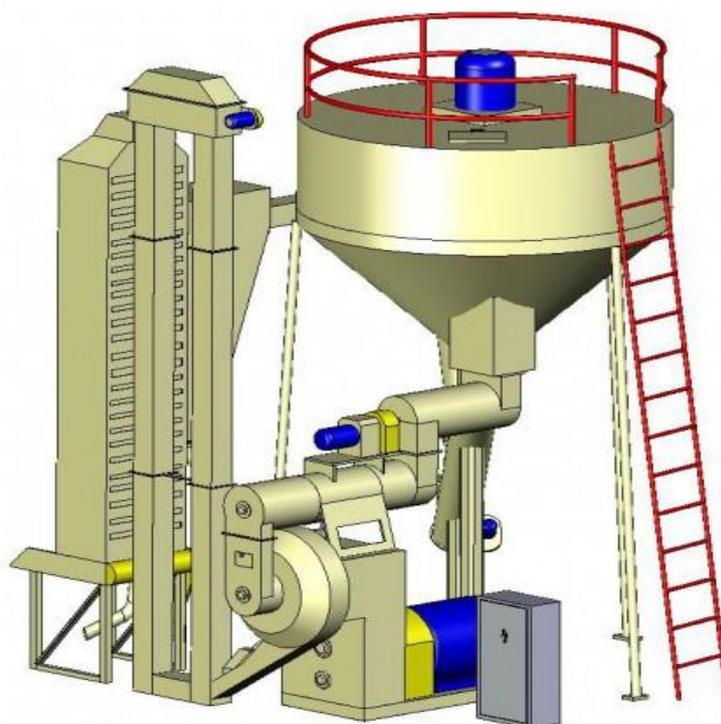
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии пищевых производств

В. В. Ваншин

# ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИКОРМОВ

Методические указания



Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья

Оренбург  
2019

УДК 636.085.55(076.5)  
ББК 36.824я7  
В 17

Рецензент – кандидат технических наук, доцент С.С. Тарасенко

**Ваншин, В. В.**  
В 17      Технология комбикормов: методические указания / В. В. Ваншин;  
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 33 с.

Методические указания составлены в соответствии с учебной программой дисциплины «Технология комбикормов».

В методических указаниях представлены методы контроля и измерения, основных технологических процессов комбикормового производства. Указания содержат справочный материал, необходимый для выполнения лабораторных работ, а также варианты заданий для выполнения индивидуальных творческих заданий.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья очной и заочной форм обучения.

УДК 636.085.55(076.5)  
ББК 36.824я7

© Ваншин В. В., 2019  
© ОГУ, 2019

## Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа №1. Контроль процесса измельчения комбикормового сырья.....	6
2 Лабораторная работа №2. Оценка процессов объемного и весового дозирования.....	10
3 Лабораторная работа №3. Определение равномерности смешивания компонентов комбикорма.....	16
4 Лабораторная работа №4. Оценка эффективности процесса гранулирования комбикормов.....	19
5 Лабораторная работа №5. Изучение технологии шелушения пленчатых культур при производстве комбикормов.....	24
Список использованных источников.....	27
Приложение А ( <i>справочное</i> ) Характеристики гранулированных комбикормов (ГОСТ 51899-2002).....	28
Приложение Б ( <i>справочное</i> ) Качество крупки из гранул комбикормов (ОСТ 8-6-73).....	30
Приложение В ( <i>справочное</i> ) Линия отделения пленок с использованием измельчающих машин.....	31
Приложение Г ( <i>справочное</i> ) Линия отделения пленок в шелушильных машинах.....	32
Приложение Д ( <i>справочное</i> ) Творческие задания.....	33

## Введение

Настоящие методические указания составлены в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов высшего образования для студентов направления 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья.

В указания представлены лабораторные работы по контролю основных технологических процессов производства комбикормов.

Целью выполнения лабораторных работ является формирование профессиональные компетенций и закрепление на практике теоретические знаний.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты изучат особенности измельчения комбикормового сырья, методы регулирования и контроля этого процесса. При выполнении работ по смешиванию будут рассмотрены вопросы оценки качества смеси и влияние на смешивание различных факторов.

Изучение процессов дозирования позволит сформировать представление о непрерывном и периодическом дозировании и способах их регулирования и контроля. Изучение процессов гранулирования и шелушения позволит будущим специалистам приобрести навыки и получить знания, которые позволят им контролировать эти процессы.

Анализ и обобщение новых материалов позволят студентам расширить свой кругозор в области производства комбикормов. По результатам, полученным в ходе выполнения лабораторных работ студентами составляется отчет в соответствии с требованиями СТО 02069024.101 – 2015.

Отчет по лабораторным работам должен включать следующие пункты: название работы, цель работы, основные положения работы, описание методики (хода) исследования, анализ полученных результатов (расчетные формулы, таблицы, графики, схемы), выводы.

После оформления отчет, сдается для проверки преподавателю. Проверенная работа допускается к защите. Защита лабораторной работы проводится путем устного опроса по изученному материалу и полученным результатам.

Перед началом выполнения работ студент должен ознакомиться с правилами безопасной работы в лаборатории.

### **Основные правила безопасной работы в лаборатории.**

При работе в лаборатории по изучению технологических процессов, используемых на комбикормовых производствах, необходимо соблюдать следующие правила безопасности и работы.

1. Перед началом работ необходимо ознакомиться с оборудованием по технике безопасности (защитными лицевыми щитками, предохранительными очками, аптечкой и средствами для пожаротушения).

2. Изучить инструкции по технике безопасности и инструкции по пожарной безопасности, имеющиеся в лаборатории.

3. К выполнению лабораторных работ студент допускается после прохождения инструктирования по технике безопасности и при наличии специальной одежды (халата) и перчаток.

4. Лабораторные работы, необходимо выполнять, по методике, изложенной в методических указаниях.

# 1 Лабораторная работа №1. Контроль процесса измельчения комбикормового сырья

**Цель работы:** Ознакомить студентов с методами контроля процесса измельчения комбикормового сырья на примере молотковой дробилки. Рассмотреть схемы измельчения зернового и минерального сырья, используемые при производстве комбикормов.

**Основные положения.** Измельчение комбикормового сырья осуществляют для проведения качественного смешивания и повышения его питательной ценности. Для измельчения сырья в комбикормовой промышленности используют вальцевые станки, молотковые дробилки, плющильные станки, камнедробилки, штифтовые дробилки, колосниковые дробилки, жмыхоломачи и другие виды машин. Однако наибольшее распространение на комбикормовых предприятиях получили молотковые дробилки, достоинством которых является универсальность, простота конструкции, высокая производительность при сравнительно небольших габаритах.

**Измельчением** называется процесс разрушения частиц от взаимодействия продукта с быстровращающимися и неподвижными частями машины.

Степень измельчения характеризует крупность размола. В комбикормовой промышленности установлено три степени крупности размола. Числовой показатель каждой степени называется модулем крупности размола и выражается следующими значениями: крупный от 2,60 до 1,80 мм, средний от 1,80 до 1,00 мм, мелкий от 1,00 до 0,20 мм. На эффективность измельчения влияют многие факторы, связанные со свойствами измельчаемого продукта и с механико-технологическими параметрами дробилки.

Эффективность измельчения характеризуется степенью измельчения, расходом энергии на измельчение, производительностью измельчающих машин.

**Методы испытаний.** Крупность размола сырья должна соответствовать требованиям стандартов на качество данного вида комбикорма. Крупность размола и содержание неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений определяют по ГОСТ 13496.8-72. Для этого навеску сырья или комбикорма массой 100 г просеивают через набор сит, составленный в порядке уменьшения размеров отверстий сверху вниз. Просеивание осуществляется на рассеивающем анализаторе в течение 5 минут с использованием сит Ø 1, 2, 3, 4, 5. Степень измельчения сырья оценивают по остаткам на ситах (таблица 1) или определяя модуль крупности по формуле.

Таблица 1 – Степень размола продукта

Размол	Остатки на ситах отв., мм, %		
	5	3	2
Мелкий	не допускается	-	не более 5
Средний	не допускается	не более 12,0	-
Крупный	не более 5	не более 35,0	-

Модуль крупности размола продукта определяют по формуле:

$$M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100}, \text{ мм} \quad (1)$$

где  $P_0$  – остатки на сборном дне анализатора, г;

$P_1, P_2, P_3$  – остатки на ситах с отверстиями Ø 1, 2, 3 мм, в г;

0,5; 1,5; 2,5; 3,5 – соответственно средний размер частиц в каждой фракции, определяемый как полусумма размеров отверстий сит, сходом и проходом которых получена данная фракция.

Количество целых зерен выделяют после определения крупности размола. Каждую фракцию, выделенную из навески комбикорма, переносят на разборную доску и отделяют целые зерна культурных и дикорастущих растений.

Выделенное количество неразмолотых семян взвешивают и выражают в процентах. Для контроля крупности соли используют металлочанное сито № 1, мела и другого минерального сырья - № 1,6, минеральное сырье должно полностью проходить через указанные сита.

**Порядок выполнения работы.** Для определения влияния размера отверстий сита на эффективность измельчения зерна подготавливают ряд сменных сит с отверстиями различных размеров (Ø 1, 2, 3 и 4 мм). Затем готовят несколько образцов зерна (пшеницы, ячменя, кукурузы и т.д.) массой по 3-5 кг. Установив исследуемое сито в дробилку, измельчают зерно, замеряя при этом время измельчения навески. После этого с помощью отсева разделяют на фракции измельченную навеску и на основании полученных результатов рассчитывают модуль крупности по выше указанной методике. Производительность дробилки определяют по формуле:

$$Q = \frac{3600G}{\tau}, \text{ кг/ч} \quad (2)$$

где G – масса измельченной навески зерна, кг;

τ – время измельчения навески зерна, с.

После замены сита на очередное проводят измельчение следующего образца и определяют те же параметры, что и в первом опыте. Продолжая замену сит, измельчают последующие образцы. Полученные результаты измерений заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Влияние размеров отверстий сит на производительность дробилки и степень измельчения продукта

Номер опыта и вид сырья	Диаметр отверстий сита, мм	Время измельчения τ, с	Производительность дробилки, кг/ч	Модуль крупности размола, мм
1	2	3	4	5

В производственных условиях студентам необходимо ознакомиться с технологиями подготовки зернового, минерального сырья и вычертить их технологические схемы. Изучить устройство молотковой дробилки и сделать соответствующие эскизы. Отобрать после дробилок образцы измельченного зернового и минерального сырья и определить крупность их размола. Сделать вывод об эффективности работы молотковых дробилок.

### **Задания**

1. Изучить устройство молотковой дробилки и сделать эскизы ротора с указанием направления движения продукта и воздуха.
2. Изучить влияние размеров отверстий сита на производительность дробилки и степень измельчения продукта.
3. Ознакомиться с технологиями подготовки зернового и минерального сырья в производственных условиях, начертить технологические схемы подготовки данных видов сырья.
4. По данным таблицы построить график зависимости модуля крупности продуктов от размеров отверстий сит.

### **Оборудование, материалы**

Молотковая дробилка с набором сит; лабораторная мельница; лабораторный рассев; набор пробивных круглых сит к рассеву (размер № 1, 2, 3, 4 мм) и поддон; весы до 1,5 кг; штангенциркуль; металлическая линейка; одноразовые полиэтиленовые пакеты; зерно; соль.

### **Контрольные вопросы**

1. С какой целью проводят измельчения комбикормового сырья?
2. Как оценивают степень измельчения сырья?
3. Какие машины используют для измельчения зерна?
4. Как измельчают жмых?

## **2 Лабораторная работа №2. Оценка процессов объемного и весового дозирования**

**Цель работы.** Ознакомиться с особенностями конструкции объемных и весовых дозаторов. Освоить методы определения точности дозирования компонентов комбикормов в объемных и весовых дозаторах.

**Основные положения.** Дозирование – это взвешивание или объемное отмеривание установленных рецептом порций компонентов комбикормов. При производстве комбикормов сырье дозируют при помощи специальных машин, называемых дозаторами, их делят на объемные и весовые. Дозирование может быть непрерывным и периодическим.

В объемных дозаторах продукт дозируют по объему, к ним относят барабанные, тарельчатые, шнековые, вибрационные, ленточные, пневматические, все они – машины непрерывного действия.

Весовые дозаторы более точны, так как их работа не зависит от физических свойств компонентов. Основными типами весовых дозаторов являются однокомпонентные и многокомпонентные весовые дозаторы. Независимо от принципа действия дозирующие машины должны в процессе работы поддерживать заданную производительность (степень точности дозирования). Так при относительной простоте конструкции точность дозирования на объемных дозаторах не превышает  $\pm 3\%$  и подвержена колебаниям в еще больших пределах при изменениях физико-механических свойств дозируемых продуктов. При дозировании на весовых дозаторах, работа которых не зависит от физико-механических свойств сырья, точность дозирования составляет  $\pm 0,5\% - 1\%$ .

Дозаторы должны обеспечивать необходимую точность дозирования, то есть отклонение в количестве дозируемых компонентов не должно превышать установленных норм.

**Методы испытаний.** Определение эффективности работы объемных дозаторов проводят путем отбора дозируемого компонента от каждого из них в течение 15-60 с (в зависимости от производительности завода). Отобранные порции компонентов взвешивают, полученные результаты записывают в таблицу 3, в которой регистрируют номер заданного рецепта, наименование компонентов, содержание компонентов в процентах, номер закрепленных дозаторов, требующуюся по рецепту массу компонентов кг в минуту.

В графах 7, 8, 9 показывают количество продукта, фактически пропущенное дозаторами при проверках, в пересчете на 1 мин.

В графе 10 указывают допустимые значения ( $\pm$  кг/мин), определенные путем применения коэффициентов к расчетной массе компонентов, которые необходимо пропустить через дозаторы за минуту.

Таблица 3 – Эффективность работы объемных дозаторов

Дата, сме на	№ рецеп та	Ком-по-нен-ты	Со-дер-жа-ние, %	Требую-щееся по рецепту масса ком-понента кг/мин	Номер закреп-ленно-го до-затора	Результаты заме-ров, кг/мин			Допу-стимые откло-нения, $\pm$ кг/мин
						1-я про-верка	2-я про-верка	3-я про-верка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Предельные нормы отклонения зависят от количества дозируемых компонентов. Правила организации и ведения технологического процесса устанавливают следующие коэффициенты в зависимости от содержания компонентов в комбикорме по рецепту:

Содержание, %	Коэффициент
Более 10	0,1
1....10	0,2
Менее 1	0,3

Для компонентов, содержание которых в смеси составляет от 1 до 10 %, отклонения не должны превышать 0,2 (20 %), более 10 % - не более 0,1 (10 %); при содержании компонентов менее 1 % отклонения не должны превышать 0,3 (30 %). Для микродобавок, содержащих биологически активные вещества, нормы отклонений составляют 0,03 (3 %).

**Пример.** При производительности цеха 24 т/ч и вводе 5 % компонента в рецепт комбикорма, необходимо установить дозатор на производительность 20 кг/мин. Отклонения в дозировании данного компонента допускаются  $\pm 4$  кг/мин ( $20 \text{ кг/мин} \cdot 0,2 = 4 \text{ кг/мин}$ ), то есть дозировать данный компонент можно в пределах от 16 до 24 кг/мин. Аналогично определяются допустимые отклонения по каждому дозатору.

При определении эффективности работы весовых дозаторов определяют точность дозирования. Точность дозирования определяется погрешностью весов и количеством дозируемого компонента. Обычно погрешность весовых дозаторов составляет от 0,5 % до 3,0 % от их грузоподъемности.

При весовом дозировании следует различать относительную и абсолютную погрешность (ошибки).

**Абсолютная погрешность,  $\Delta_a$ ,** выражает в килограммах (со знаком  $\pm$ ) точность дозирования, которая определяется как произведение грузоподъемности весового дозатора на его точность:

$$\Delta_a = \frac{P}{100} \cdot \delta_{\Delta}, \quad (3)$$

где  $P$  – грузоподъемность весового дозатора, кг;

$\delta_{\Delta}$  –  $\pm 3,0 \div 0,5$ , точность дозирования, % .

**Относительная погрешность (ошибка)  $\Delta_0$  (%)** зависит от взвешиваемой массы  $M$  и рассчитывается после определения абсолютной погрешности, если взвешиваемую массу принять за 100 %.

Относительная погрешность:

$$\Delta_0 = \frac{\Delta_a}{M} \cdot 100 \quad (4)$$

**Пример.** Определить относительную и абсолютную погрешности взвешивания в многокомпонентных дозаторах типа ДК грузоподъемностью  $P=2500$  кг, имеющие класс 0,5, при взвешивании компонента  $M$  массой 1800 кг. При классе прибора 0,5 точность дозирования равна  $\pm 0,5$  % шкалы. Абсолютная погрешность дозатора ДК-2500 равна:

$$\Delta_a = \frac{2500}{100} \cdot (\pm 0,5) = \pm 12,5 \text{ кг}$$

Относительная погрешность:

$$\Delta_0 = \frac{\pm 12,5}{1800} \cdot 100 = \pm 0,69 \text{ \%}$$

Проверять фактическую точность дозирования по каждому компоненту можно, применяя коэффициент вариации  $V_c$  (%), который рассчитывается по формуле:

$$V_c = \frac{\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $x_i$  – фактические данные по дозированию компонента в десяти последовательных дозах, считанные непосредственно с весовой головки;

$\bar{x}$  – среднее значение по каждому компоненту (математическое ожидание);

$n$  – число наблюдений,  $n \geq 10$ .

Данные расчета относительной ошибки по техническим характеристикам весовых дозаторов оценивают, руководствуясь данными таблицы 4.

Таблица 4 – Оценка результатов дозирования

Оценочный критерий	Более $\pm$ 15,0%	От $\pm$ 7,5 до $\pm$ 15,0%	От 3,0 до $\pm$ 7,5%	Менее $\pm$ 3,0%
Коэффициент вариации $V_c$ для оценки фактического дозирования, рассчитанный по данным, считанным с циферблатной головки весовых дозаторов	Неудовлетворительно	Удовлетворительно: рекомендуется дозировать зерновые компоненты, травяную муку	Хорошо: рекомендуется дозировать белковые компоненты, сырье минерального происхождения, шроты	Отлично: требуется дозировать поваренную соль, премикс, карбамид и его соединения, аминокислоты, компоненты, дозируемые в самом малом количестве

**Порядок выполнения работы.** После вычерчивания принципиальной схемы тарельчатого дозатора определяют его производительность и точность дозирования при различных режимах настройки. Образец продукта массой 5-10 кг (отруби, мел, соль, размолотое зерно и т.д.) засыпают в бункер, установленный над дозатором, и включают его. Затем в банку в течение 30-60 секунд отбирают из дозатора продукт, его взвешивают и рассчитывают производительность по формуле:

$$Q = \frac{3600 * G}{\tau}, \text{ кг/ч} \quad (6)$$

где  $G$  – количество продукта, отобранного за время  $\tau$ , кг;

$\tau$  – время, в течение которого отбирают продукт, с.

Полученные результаты записывают в таблицу 5.

Таблица 5 – Влияние различных параметров на производительность дозатора

Опыт	Продукт	Расстояние, см		Производительность дозатора, кг/ч
		Между патрубком и диском	От края диска до края скребка	
1	2	3	4	5

Не изменяя настройки дозатора, определяют его производительность, используя различные виды сырья (пшеницу, просо, соль, отруби и др.). Результаты испытаний для анализа также записывают в таблицу 4. Затем, изменив регулировку дозатора (согласно заданию, выданному преподавателем) путем изменения зазора между патрубком и диском, а также путем изменения расстояния от края диска до края скребка, проводят аналогичные испытания. Эффективность работы тарельчатого дозатора оценивают по выше указанной методике, взяв за основу результаты, полученные при исследовании одного вида сырья.

#### **Задание.**

1. Изучить принцип работы малого тарельчатого дозатора и сделать эскиз.
2. Начертить технологические схемы весового и объемного дозирования компонентов комбикормов.
3. Определить точность дозирования компонентов комбикормов в объемных и многокомпонентных дозаторах (согласно заданию).

#### **Оборудование, материалы.**

Весы грузоподъемностью не менее 3,0 кг; электронные весы с точностью дозирования до второго знака после запятой; одноразовые полиэтиленовые пакеты; пластиковые стаканчики; зерно.

### 3 Лабораторная работа №3. Определение равномерности смешивания компонентов комбикорма

**Цель работы.** Освоить методы контроля качества смешивания комбикорма.

**Основные положения.** Смешивание – это механический процесс, при котором компоненты первоначально находящиеся раздельно друг от друга, образуют однородную смесь, то есть все частицы распределяются равномерно по всему объему. Для достижения однородности комбикорма используют смесители непрерывного и периодического действия. Эффективность смешивания зависит как от физических свойств компонентов (гранулометрический состав, форма и характер поверхности частиц, влажность, плотность), так и от параметров смесителя (продолжительность смешивания, скорость рабочих органов смесителя и других показателей).

**Методы испытаний.** Невозможно определить, насколько равномерно распределены все компоненты в смеси. Проследить же равномерность распределения 1 или 2 компонентов можно. Экспериментально установлено, что если какой-то компонент распределен в комбикорме равномерно, то и другие распределены равномерно. О равномерности распределения компонента в смеси комбикорма судят, определяя такие показатели, как степень однородности смеси ( $\Theta$ ) и относительную неоднородность смеси ( $V$ ).

**Относительная неоднородность смеси.** Относительную неоднородность смеси ( $V$ ) определяют по формуле:

$$V_c = \frac{100}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \% \quad (7)$$

где  $V$  – величина относительной неоднородности или коэффициент вариации;

$X_i$  – содержание ключевого компонента в каждой из проб;

$n$  – количество отобранных проб;

$\bar{X}$  – среднее содержание ключевого компонента в смеси.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

При оценке качества процесса смешивания следует придерживаться следующих показателей:

– если  $V_c$  меньше 3 %, то качество смеси отличное;

– если  $V_c$  больше 3 %, но меньше 7 %, то качество смеси хорошее;

– если  $V_c$  больше 7 %, но меньше 15 %, то качество смеси удовлетворительное;

– если  $V_c$  больше 15 %, то качество смеси неудовлетворительное.

**Степень однородности смеси.** Степень однородности смеси комбикорма ( $\Theta$ ) определяют по формуле:

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum_0^n \frac{B_t}{B_0} \quad \text{при } B_t \leq B_0, \quad (8)$$

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum_0^n \frac{2B_0 - B_t}{B_0} \quad \text{при } B_t > B_0, \quad (9)$$

где  $n$  – число проб;

$B_t$  – фактическое содержание контрольного компонента в пробе;

$B_0$  – заданное содержание контрольного компонента по рецепту.

Чем ближе величина  $\Theta$  к 1, тем равномернее распределены компоненты в комбикорме. Для выполнения работы готовят смесь из 90 % гречихи (или другой культуры с крупным зерном) и 10 % проса, которая рассматривается как ключевой компонент.

**Порядок выполнения работы.** Для проведения исследований в смеситель засыпают 90 % гречихи и 10 % проса, не смешивая. Начинают смешивать

и по истечении 1 мин смеситель останавливают, всю смесь высыпают на противень слоем 2-3 см. Затем из 10-12 мест отбирают навески массой 20-30 г. Общее количество зерна в отобранных навесках не должно превышать 10 % массы в смесителе. Оставшуюся смесь снова засыпают в смеситель, и по истечении еще одной минуты осуществляют ту же процедуру, что и в первом случае. Подобную операцию повторяют еще несколько раз (согласно заданию). После завершения процесса смешивания анализируют навески на содержание проса. Для этого пробы разделяют вручную или используют рассев. Определяют содержание проса в каждой навеске и коэффициент вариации его распределения в каждый момент смешивания. Также на основании полученных результатов определяют степень однородности смеси. Все полученные результаты записывают в таблицу 6.

Таблица 6 – Определение однородности комбикорма и эффективности работы смесителя

Продолжительность смешивания, мин	Коэффициент вариации, %	Степень однородности смеси
1		
2		
3		
4		

### **Задание**

1. Определить коэффициент вариации и степень однородности.
2. Определить оптимальное время смешивания комбикорма.
3. Начертить график зависимости коэффициента вариации смеси от продолжительности смешивания.

### **Оборудование, материалы**

Смеситель механический; секундомер; разборные доски; шпатели; весы грузоподъемностью до 1,5 кг; одноразовые полиэтиленовые пакеты; зерно.

## 4 Лабораторная работа №4. Оценка эффективности процесса гранулирования комбикормов

**Цель работы.** Изучить технологический процесс производства гранулированных комбикормов, крупки и освоить методику контроля процесса гранулирования.

**Основные положения.** Гранулированный комбикорм представляет собой продукт в виде плотных комочков определенной формы и размеров. Технологический процесс изготовления из рассыпных комбикормов гранул, брикетов, шаровидных и другой формы продуктов объединяется одним названием - **прессование**. Для гранулирования рассыпного комбикорма используют матричные прессы и пресс-экструдеры. Эффективность процесса гранулирования характеризуется производительностью, коэффициентом полезного действия, удельным расходом энергии и прочностью гранул.

Производительность процесса – это количество продукта, подвергнутого прессованию в единицу времени. Коэффициент полезного действия прессы представляет собой отношение количества целых гранул ко всему продукту, получаемому после прессования. Чем выше прочность гранул, тем выше и коэффициент полезного действия.

Коэффициент полезного действия прессы:

$$\eta = \frac{m_1}{m_2}, \quad (10)$$

где  $m$  – масса пробы продукта, полученного после прессования за единицу времени, кг;

$m_1$  – масса целых гранул, после выделения из пробы мелкой фракции, кг.

Прочность гранул является важным показателем их качества. Если гранулы недостаточно прочны, то они разрушаются при транспортировании, загрузке в бункера, хранении, перевозках. Удельный расход электроэнергии пресса рассчитывается по формуле:

$$q = \frac{N - N_0}{Q}, \frac{кВт \cdot ч}{т}, \quad (11)$$

где  $N$  – полная потребляемая мощность на прессование, кВт;

$N_0$  – мощность холостого хода, кВт;

$Q$  – часовая производительность пресса, т/ч.

**Методы испытаний.** Определение качества полученных гранул проводят по следующим показателям (ГОСТ 22834-87, ОСТ 8-6-73, ОСТ 8-13-74).

**Определение размера гранул (диаметр и длина).** Размеры гранул определяют с помощью штангенциркуля или линейки, измеряя диаметр и длину 10 гранул, взятых подряд. По полученным данным вычисляют среднее арифметическое значение диаметра и длины гранул. Результаты заносят в таблицу.

**Содержание мелкой фракции (проход через сито с отверстиями диаметром 2 мм).** Навеску гранулированного комбикорма массой 200 г просеивают в течение 10 мин в рассевке-анализаторе на сите с отверстиями  $\varnothing$  2 мм. Определяют количество проходной фракции в процентах:

$$X = \frac{m_{np} \cdot 100}{200}, \quad (12)$$

где  $m_{np}$  – масса прохода сита с отверстиями диаметром 2 мм;

200 – масса взятой навески.

**Определение крошимости гранул.** Прочность гранул определяют по показателю крошимости на приборе ППГ-2. Рабочим органом прибора является четырехгранный трехкамерный барабан – истиратель и просеиватель. Образец гранулированного комбикорма массой 2-3 кг просеивается на сите с отверстия-

ми, диаметр которых составляет 0,8 от диаметра гранул в течение 1 мин. Затем из приготовленной пробы выделяют три навески массой по 500 г и помещают их в камеры прибора, которым сообщают вращательное движение в течение 10 мин. После окончания вращения навески по очереди вынимают из камеры и каждую в отдельности просеивают на том же сите в течение 1 мин и взвешивают. За показатель крошимости гранул (К, %) принимают разность между первоначальной и окончательной массой гранул, выраженную в процентах, в соответствии с формулой:

$$K = \frac{500 - a}{500} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где 500 – первоначальная масса гранул, г;

а – конечная масса гранул, г.

Величину крошимости гранул определяют как среднеарифметическое трех повторных определений.

**Температура гранул.** Гранулы отбирают после пресса и охладительной колонки в ящик с изолированными стенками. Количество гранул должно быть не менее 1 кг. Затем в середину массы гранул вставляют термометр. Температура горячих гранул должна быть не менее 80 °С, а температура охлажденных – на 5-6 °С выше температуры окружающего воздуха.

**Плотность гранул.** На технических весах взвешивают 5 гранул и помещают их в мерный цилиндр вместимостью 500 см<sup>3</sup>, заполненный до метки просом, предварительно выровненным на сите 2,2×20 мм. Просо, вытесненное гранулами, представляет собой объем гранул, а отношение массы гранул к их объему – плотность  $\rho$  г/см<sup>3</sup>. Плотность определяют трижды, после чего устанавливают их среднюю величину.

**Разбухаемость гранул.** Навеску гранул массой 25 г помещают в мерный цилиндр вместимостью 500 мл и на цилиндре отмечают уровень, занимаемый продуктом. В цилиндр наливают воду температурой 18 °С, чтобы верхний уро-

вень ее был на высоте 130 мм над уровнем гранул. Время в минутах с начала наполнения цилиндра водой до момента, когда гранулы деформируются, является показателем разбухаемости гранул.

**Порядок выполнения работы.** В цехе гранул комбикормового завода студенты знакомятся с технологией производства гранулированных комбикормов, крупки, вычерчивают технологическую схему. Записывают показания всех контрольно-измерительных приборов. Отбирают образцы гранул и крупки, определяют их качественные показатели.

Результаты вносят в таблицу 7 и 8 и делают вывод об эффективности процесса гранулирования, сравнивая с требованиями ГОСТ 51899-2002 и ОСТ 8-6-73 (Приложение А и Б).

Таблица 7 – Качественные показатели гранул

Ре- цепт	Размер гра- нул, мм		Проход через сито с отвер- стия- ми $\varnothing$ 2 мм, %	Крошимость, %				Плот- ность, г/см <sup>3</sup>	Раз- буха- емос- ть, мин.	Коэф- фи- циент полезн. действ. $\eta = \frac{m_1}{m_2}$
	дли- на	диа- метр		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	Сред- няя			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 8 – Качество крупки

Крупка для:	Остатки на ситах, отв. $\varnothing$ , мм, %			Проход через сито $\varnothing$ 1 мм, %
	5,0	4,0	3,0	
1	2	3	4	5

## **Задание**

1. Ознакомиться в производственных условиях с технологией производства гранулированных комбикормов, крупки и вычертить технологическую схему процесса.

2. Зафиксировать показания контрольно-измерительных приборов процесса гранулирования.

3. Определить качественные показатели отобранных образцов гранул и крупки.

## **Оборудование, материалы**

Прибор для определения крошимости; лабораторная мельница; лабораторный рассев; набор пробивных круглых сит к рассеву (размер № 1, 2, 3, 4 мм) и поддон; весы; мерный цилиндр объемом 500 см<sup>3</sup>; штангенциркуль; термометр; гранулированный комбикорм.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое прессование комбикорма?
2. Назовите способы прессования комбикорма.
3. Факторы, влияющие на процесс прессования.
4. С какой целью проводят прессование комбикорма?
5. По каким показателям оценивают качество гранулированного комбикорма?
6. При каких параметрах проводят влажное гранулирование.
7. Каким образом проводят брикетирование комбикормов.
8. Как проводят сухое гранулирование.
9. Как влияет прессование на питательность комбикорма?
10. С какой целью оцениваю крошимость гранул?

## **5 Лабораторная работа №5. Изучение технологии шелушения пленчатых культур при производстве комбикормов**

**Цель работы.** Изучить различные способы шелушения пленчатых культур, используемые при производстве комбикормов.

**Основные положения.** В комбикорма для некоторых вида животных и птицы вводят овес или ячмень без оболочек, поэтому комбикормовые заводы имеют линии по отделению оболочек от овса и ячменя, которые должны быть универсальными и простыми в эксплуатации. Оболочки удаляют двумя способами:

- измельчают ячмень и овес с последующим отсеванием оболочек;
- шелушат овес и ячмень в специальных машинах с последующим отделением оболочек и измельчением ядра.

**По первому способу** предварительно очищенный от примесей ячмень или овес измельчают однократным пропуском через молотковые дробилки с чешуйчатыми ситами с отверстиями размером 2x14 мм или через сита с круглыми отверстиями Ø 3...4 мм. Также измельчение можно провести двукратным пропуском через вальцовый станок (от 4 до 6 рифлей на 1 см, уклон от 4 до 5 % и отношение скоростей - 2,5).

После измельчения зерна продукты просеивают в рассеве или другой машине на ситах с отверстиями Ø 1,4-1,5 мм или проволочной сетке с отверстиями 1,0 - 1,1 мм. Проходовая фракция представляет собой готовый продукт, из сходовой фракции отвеивают оболочки, а оставшуюся крупку направляют на повторное измельчение.

**По второму способу** шелушение и отделение оболочки проводят в специальных шелушильных машинах. В их качестве чаще всего применяют обочные машины, которые наиболее просты и универсальны. Эффективность процесса шелушения оценивают выходом готового продукта, который для ячменя

должен быть не менее 80 %, а для овса - 55 %. После шелушения в шелушенном овсе и ячмене содержание клетчатки должно быть не более 5,3 % и 3,5 % соответственно.

**Методы испытаний.** В лабораторных условиях зерно ячменя можно измельчать в молотковой дробилке или на мельничной вальцовой мельнице «Нагема».

При дроблении на мельнице «Нагема» во избежание попадания оболочечного продукта в рассев следует снять рукав, соединяющий рассев, подставить под выходное отверстие станка противень, в который будут собираться продукты дробления. Просеивание измельченного продукта следует проводить в рассее-анализаторе, используя соответствующие сита указанные на технологических линиях, представленных на схеме (Приложение В, Г).

Шелушат зерно в обоечной машине, и если эффективность невысока, то число пропусков можно увеличить до трех или четырех. Выход ядра определяют путем взвешивания исходного зерна и продуктов шелушения.

**Порядок выполнения работы.** Для проведения работы готовят два образца ячменя по 200 - 300 г. Для этого в рассее-анализаторе на сите с отверстиями размером 2,2 x 20 мм отсеивают мелкое зерно. Первый образец два раза размалывают в валковой мельнице «Нагема» или на молотковой дробилке. Продукты размола просеивают в рассее-анализаторе на ситах с отверстиями Ø 1,5 мм в течение от 3 до 5 мин. Затем отвеивают легкие примеси в аспирационной колонке и взвешивают продукты шелушения. Далее определяют выход ядра.

Зерно второго образца шелушат в обоечной машине, оболочки отвеивают в лабораторном аспираторе, полученное ядро размалывают лабораторной мельницей или дробилке. Продукты шелушения взвешивают и определяют выход ядра.

### **Задание**

1. Провести шелушение зерна, используя оба описанных способа.

2. Сравнить выход ядра, полученный при разных методах, и сделать вывод о достоинствах и недостатках двух указанных методов.

3. При достаточном количестве времени работу расширить. Кроме сравнения двух методов отделения оболочек можно определить оптимальные варианты для первого метода, то есть влияние степени размола и величины отверстий сита на выход и качество основного продукта (выделяют три образца ячменя по 0,5 кг. Зерно каждого образца измельчают в вальцовом станке при различных режимах: первой - при зазоре 0,6 мм, второй - 0,5 мм, третий - 0,4 мм. Измельченный продукт каждого образца разделяют на две части, одну из которых просеивают на сите с отверстиями  $\varnothing$  2,5 мм, а вторую - на сите с отверстиями  $\varnothing$  1,5 мм. Определяют выход измельченного продукта. Результаты записывают в таблицу. В заключение делают выводы об эффективности различных вариантов.

### **Оборудование, материалы**

Молотковая дробилка с набором сит; обоечная машина; валковая мельница «Нагема»; лабораторный рассев; набор пробивных круглых сит к рассеву (размер № 1, 2, 3, 4) и поддон; весы до 1,5 кг; штангенциркуль; лабораторный aspirator; пылесос; одноразовые полиэтиленовые пакеты; зерно овса; зерно ячменя.

### **Контрольные вопросы**

1. С какой целью проводят шелушение зерна при производстве комбикормов?
2. Какие машины используют для шелушения пленчатых культур?
3. Какие схемы используют для проведения шелушения овса и ячменя?
4. Опишите процесс шелушения с использованием измельчающих машин.

## Список использованных источников

1. Кожарова, Л.С. Основы комбикормового производства / Л.С. Кожарова. 2-е. изд., доп. и перераб. – М.: «Пищепромиздат», 2004. – 288 с.
2. Комбикормовое производство для животноводства и птицеводства / авт.-сост. С.Н. Александров, Т.И. Косова. – М.: ООО «Издательство АСТ»; Донецк «Сталкер», 2004. – 189 с.
3. Миончинский, П.Н. Производство комбикормов / П.Н. Миончинский, Л.С. Кожарова. – М.: Колос, 1981. – 200 с.
4. Практикум по технологии муки, крупы и комбикормов / Г.А. Егоров, В.Т. Линниченко, Е.М. Мельников, Т.П. Петренко. 2-е. изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1991. – 208 с.
5. Устименко, Т.В., Практикум оценки качества зерна и зернопродуктов: методические указания. Рабочая тетрадь / Т.В. Устименко, В.М. Филин, И.В. Авдеева. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 176 с.
6. Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. – Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. – 688 с.
7. Черняев, Н.П. Технология комбикормового производства / Н.П. Черняев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
8. Технология переработки растительной продукции / Н. М. Личко [и др.]; под. ред. Н. М. Личко. – М.: Колос, 2008. – 538 с.

## Приложение А (справочное)

### Характеристики гранулированных комбикормов (ГОСТ 51899-2002)

Таблица А.1 – Характеристики гранулированных комбикормов (ГОСТ 51899-2002)

Показатели	Характеристика и нормы
1	2
Внешний вид	Гранулы цилиндрической формы с глянцевой или матовой поверхностью, без трещин (для рыб). Комбикорма для непродуктивных животных вырабатывают в форме палочек, звездочек, шариков, подушечек и др.
Цвет	Соответствующий цвету рассыпного комбикорма, из которого готовят гранулы, или темнее. При вводе в комбикорм мелассы цвет гранул – от светло-коричневого до темно-коричневого, при вводе красителей – цвет соответствующего красителя.
Запах	Соответствующий набору доброкачественных компонентов исходного комбикорма без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов
Массовая доля влаги, %, не более: для кроликов, нутрий, лошадей, крупного рогатого скота	14,0
для птицы, рыбы, поросят-сосунов	13,5
для непродуктивных животных	12,0
для остальных видов и половозрастных групп животных	14,5
Диаметр гранул, мм: для птицы, поросят-сосунов в возрасте до 2 мес, телят в возрасте 1-6 мес, рыбы	2,5-4,7
для кроликов, нутрий, пушных зверей, поросят-отъемышей в возрасте до 4 мес., подсосных ягнят в возрасте до 4 мес, молодняка овец	2,5-7,7

Продолжение таблицы А.1

1	2
для свиноматок всех групп, хряков-производителей, откормочных свиней всех возрастных групп, ремонтного молодняка свиней в возрасте до 4 до 8 мес, овцематок всех групп, баранов-производителей, молодняка крупного рогатого скота в возрасте от 6 до 12 мес	4,7-12,7
для крупного рогатого скота в возрасте свыше 12 мес, лошадей	4,7-14,7
Длина гранул, мм, не более	Два диаметра
Крошимость гранул, %, не более:	
для сельскохозяйственных животных	22
для кроликов, нутрий и пушных зверей	8
для рыб	5
для лошадей	7
Проход через сито с отверстиями диаметром 2 мм, %, не более:	
в гранулах комбикормов для сельскохозяйственных животных, кроликов, пушных зверей, нутрий	10
рыбы	5
Водостойкость гранул для рыб, мин, не менее	15
Разбухаемость гранул, мин:	
для рыб, не менее	25
для плотоядных пушных зверей, не более	25
<b>П р и м е ч а н и я</b>	
1 Гранулированные комбикорма с диаметром гранул 4,7 и 7,7 мм используют для приготовления крупным сельскохозяйственным животным, птице, рыбе, пушным зверям, кроликам и нутриям.	
2 Допускается уменьшение или увеличение диаметра гранул на 1,0 мм и длины гранул в соответствии с их диаметром.	
3 Показатель «разбухаемость гранул» в комбикормах для рыб определяют вместо показателя «водостойкость» при отсутствии прибора для определения водостойкости гранул	

## Приложение Б (справочное)

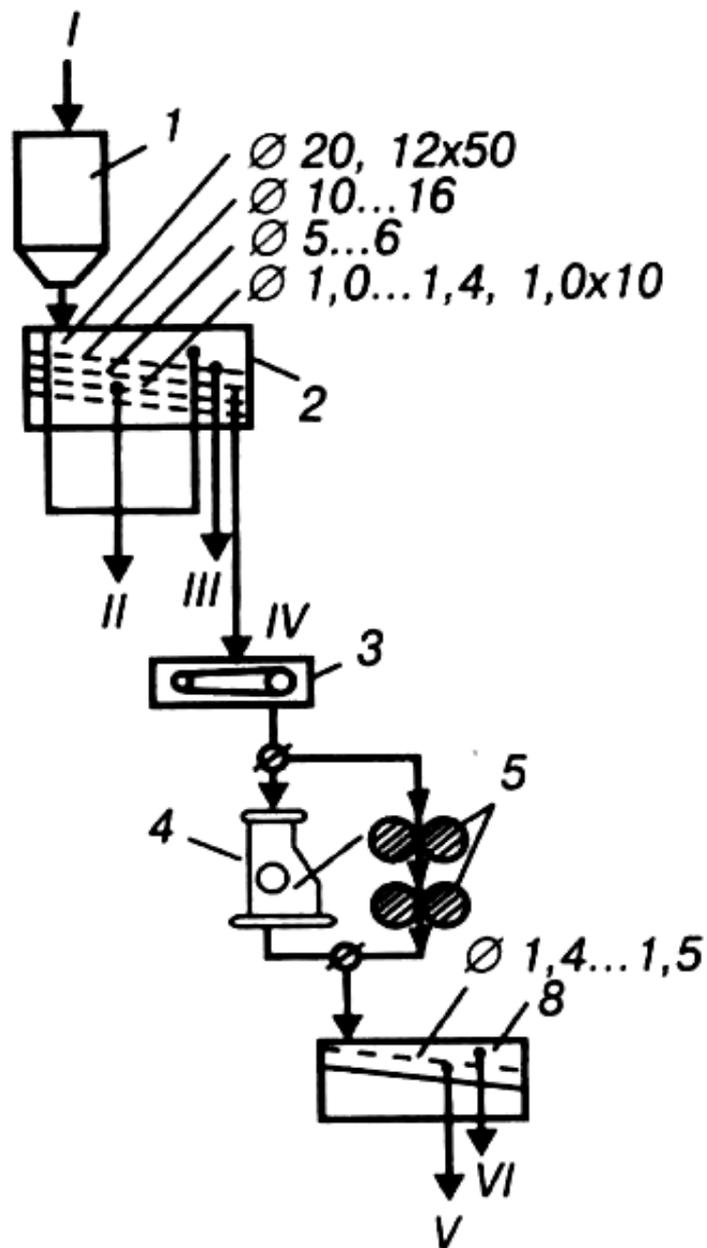
### Качество крупки из гранул комбикормов (ОСТ 8-6-73)

Таблица Б.1 – Качество крупки из гранул комбикормов (ОСТ 8-6-73)

Показатели	Нормы и характеристики крупки для		
	Цыплят и бройлеров от 1 до 30 дней, откорма утят мясных гусей от 1 до 20 дней, индюшат от 1 до 30 дней	Цыплят от 31 до 60 дней, бройлеров от 31 до 70 дней, мясных гусят от 21 до 70 дней, индюшат от 31 до 90 дней и от 91 до 120 дней	Кур-несушек и индеек-несушек
Запах	Соответствующий набору доброкачественных компонентов данного комбикорма		
Цвет	Соответствующий цвету рассыпного комбикорма, из которого готовят гранулы, или несколько темнее		
Влажность (не более), %	14	14	14
Крупность: остаток на сите с отверстиями Ø 5 мм, %	Не допускается		10
остаток на сите с отверстиями Ø 4 мм (не более), %	Не допускается	10	Не допускается
остаток на сите с отверстиями Ø 3 мм (не более), %	20	Не допускается	Не допускается
Проход через сито с отверстиями Ø 1 мм (не более), %	18	18	18
Наличие металломагнитных примесей (частиц размером до 2 мм включительно) (не более) мг в 1 кг	25	25	25

## Приложение В (справочное)

### Линия отделения пленок с использованием измельчающих машин



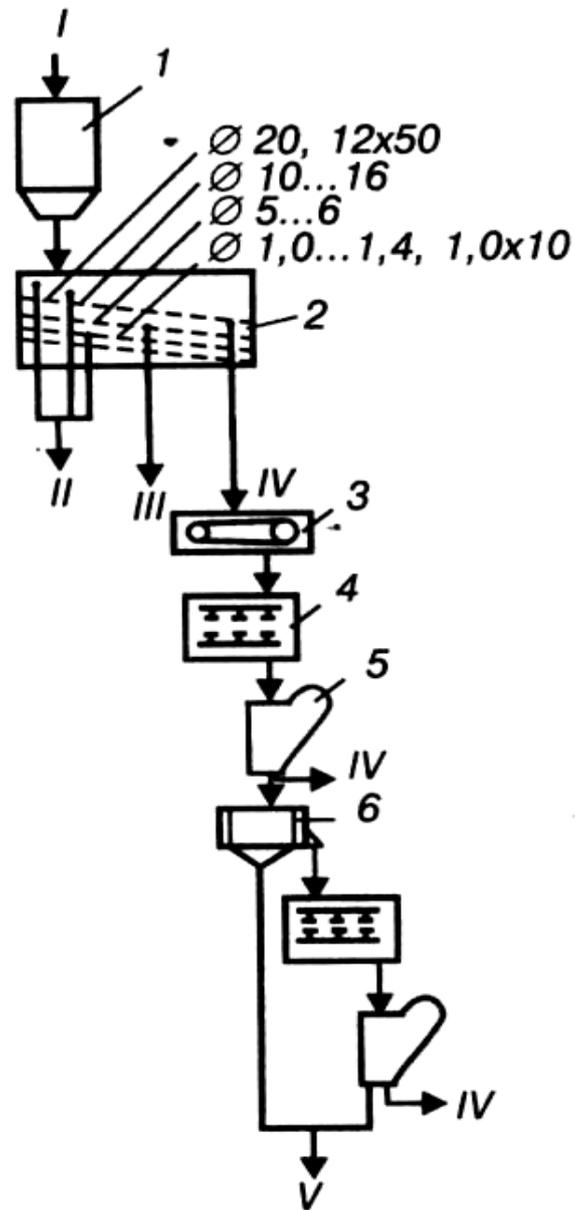
- 1 – бункер; 2 – воздушно-ситовой сепаратор; 3 – электромагнитный сепаратор;  
4 – молотковая дробилка; 5 – вальцевый станок; 6 – просеивающая машина;  
I – ячмень, овес; II – отходы; III – мелкая фракция; IV – крупная фракция;  
V – продукты на главную линию дозирования; VI – лузга с мукой

Рисунок В.1 – Схема линии отделения пленок с использованием  
измельчающих машин

## Приложение Г

(справочное)

### Линия отделения пленок в шелушильных машинах



1 – бункер; 2 – воздушно-ситовой сепаратор; 3 – электромагнитный сепаратор;  
4 – машина А1-ЗШН; 5 – аспиратор; 6 – дисковый триер;  
I – овес; II – отходы; III – мелкая фракция; IV – лузга, мучка; V – продукты на  
измельчение

Рисунок Г.1 – Схема линии отделения пленок с использованием  
шелушильных машин

## Приложение Д

*(справочное)*

### Творческие задания

Творческие задания выдает и корректирует преподаватель к определенной производственной ситуации или технологической схеме.

**Задача 1.** Изучив технологические свойства комбикормового сырья, дать рекомендации по подбору оборудования для его измельчения.

**Задача 2.** Провести оценку работы дозаторов и дать рекомендации по ее улучшению.

**Задача 3.** Изучив рецепт комбикорма, дать рекомендации по подбору необходимого оборудования для его производства.

**Задача 4.** Изучив качество измельчения комбикормового сырья, сделать предложение о совершенствовании процесса измельчения.

**Задача 5.** Разработать предложения по оптимизации гранулирования комбикорма с учетом его состава.

**Задача 6.** Изучить состав комбикорма и подобрать наиболее оптимальный способ гранулирования.

**Задача 7.** Выявить причины нарушения процесса дозирования весовым способом и дать рекомендации по их исправлению.

**Задача 8.** Изучив технологический процесс производства комбикорма разработать предложение по оптимизации процесса смешивания.

**Задача 9.** Провести оценку работы прессов и дать рекомендации по их улучшению.

**Задача 10.** Изучив технологию производства, дать рекомендации по ее улучшению.

**Задача 11.** Изучив сырьевую базу, предложить возможный ассортимент комбикормовых продуктов.

**Задача 12.** Разработать мероприятия по повышению питательности комбикормовой продукции на конкретной технологической схеме.