

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Теоретическая механика и сопротивление материалов»

Технологическое оборудование

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 260601
«Машины и аппараты пищевых производств»
Часть 1

Курган 2008

Кафедра: «Теоретическая механика и сопротивление материалов»

Дисциплина: «Технологическое оборудование» (специальность 260601)

Составили: канд. техн. наук О.Л.Уманская
(лабораторные работы № 1,2),
канд. техн. наук, доцент С.Г. Тютрин
(лабораторные работы № 3,4).

Утверждены на заседании кафедры «31» 01 2008 г.

Рекомендованы методическим советом
университета «5» 03 2008 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ВЕСОВ

Цель работы: изучить методику и средства проверки весов, находящихся в эксплуатации на предприятиях пищевых производств.

Применяемые материалы и оборудование: циферблатные весы; металлическая пластина-линейка толщиной 1 мм; граммовый и килограммовый набор образцовых гирь или парные гири, соответствующие по массе 0,1 предельной нагрузки весов.

Основные теоретические положения

Взвешиванием называется определение массы тела путем сравнения ее с условной единицей массы, грамм, килограмм.

С помощью весоизмерительного прибора масса тела определяется путем ее сопоставления и уравнивания с массой условных единиц. Наиболее простым и распространенным уравнивающим устройством является рычаг. В весоизмерительном оборудовании используются три типа рычагов: 1 рода, 2 рода и квадрант.

Принципиальная схема рычага первого рода приведена на рис. 1.1.

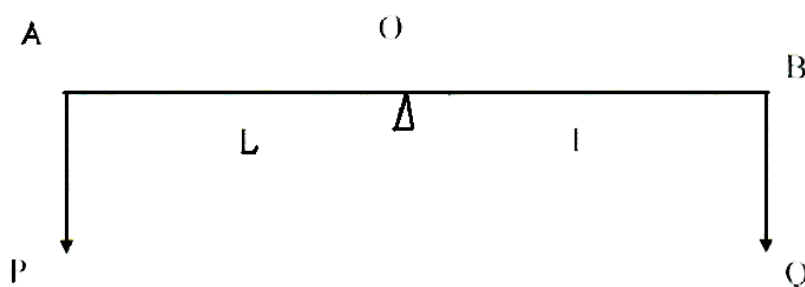


Рис. 1.1. Схема действия сил рычага первого рода

Если АВ – рычаг с точкой опоры 0, а Q и P массы взвешиваемого груза и гири, приложенные соответственно на расстоянии L и l от точки опоры, то при данной массе гири P масса груза Q определяется из уравнения равновесия рычага АВ:

$$q \cdot Q \cdot l = q \cdot P \cdot L,$$

откуда

$$Q = P \frac{L}{l}. \quad (1)$$

При постоянном отношении $\frac{L}{l}$ и переменном P весы могут быть: равноплечими, если $L = l$ или $\frac{L}{l} = 1$; неравноплечими, если $L \neq l$ или $\frac{L}{l} > 1$; причем

если $\frac{L}{l} = 100$, весы называются сотенными. При переменном отношении $\frac{L}{l}$ и постоянном значении P весы называются шкальными (безмен). В рычаге второго рода точки приложения сил расположены по одну сторону от точки опоры (рис. 1.2). Условием равновесия является равенство моментов сил (произведение силы на плечо).

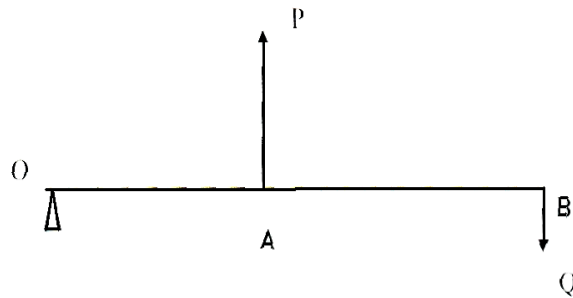


Рис. 1.2. Схема действия сил рычага второго рода

Квадрант (рис. 1.3)

Устройство квадранта основано на свойстве рычага оставаться в наклонном положении при достижении равновесия.

Основной частью квадранта является рычаг АОВ с противовесом В. В точке опоры О к рычагу прикреплена стрелка, указывающая при отклонении рычага в ту или иную сторону значение массы груза, приложенного к плечу ОА (в точке А) по шкале циферблата. Силами, действующими на рычаг, являются масса груза P и масса противовеса Q .

Для равновесия весов (рис. 3А) необходимо следующее равенство моментов сил: $P \cdot OA = Q \cdot BC$. Если к силе P прибавить силу P_1 (рис. 1.3Б), то равенство моментов сил будет: $(P + P_1) \cdot AD = Q \cdot BC$. В последнем случае плечо рычага ОА под действием добавочной силы P_1 отклонится вниз, а плечо ОВ – вверх. Весы придут в равновесие в наклонном положении рычагов, а стрелка отклонится от первоначального положения вправо.

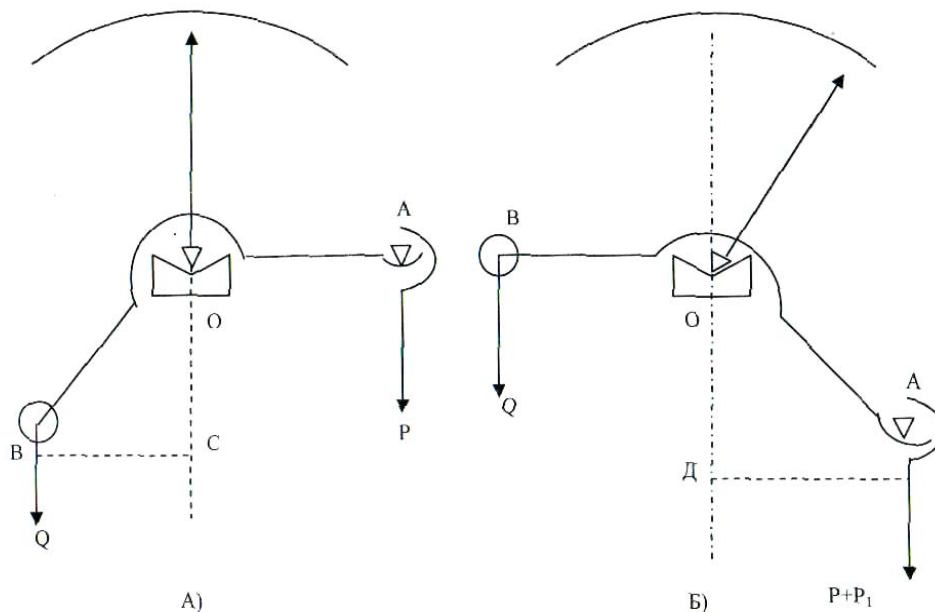


Рис. 1.3. Принципиальная схема квадранта

Если путем изменения силы, прилагаемой к плечу OA , рычаг OB займет вертикальное положение, то плечо BC силы Q станет равным нулю и момент силы ($Q \cdot BC$) также будет равен нулю. Когда же OB займет горизонтальное положение, то момент силы ($Q \cdot BC$) будет иметь наибольшее значение. Следовательно, от нуля до максимума плечо OB силы Q принимает значения в пределах четверти круга (от 0 до 90°). В связи с этим рычаг циферблатных весов получил наименование квадранта.

Метрологические качества весов.

Все весоизмерительные приборы должны отвечать определенным метрологическим, торгово- эксплуатационным и санитарно-гигиеническим требованиям.

К метрологическим (техническим) требованиям относятся:

- устойчивость весов – способность весов, выведенных из состояния равновесия, самостоятельно, без приложения каких-либо сил, возвращаться после нескольких колебаний в первоначальное положение;
- точность взвешивания – способность весов давать точные показания измерений массы с отклонением от истинных показаний в пределах допустимой нормы погрешности;
- чувствительность весов – способность обнаруживать даже незначительную разницу по массе у грузов, находящихся в точках приложения сил;
- постоянство показаний взвешивания – способность весов давать одинаковые показания при многократном взвешивании;
- прочность весов – способность длительное время находиться в годном для работы состоянии.

К метрологическим требованиям также относятся: высокая скорость взвешивания, наглядность показаний взвешивания, соответствие весового прибора характеру взвешиваемого товара, нейтральность материала, удобство ухода за весами.

Метрологические характеристики и значения допустимых погрешностей при взвешивании для весов настольных циферблатных приведены в табл.1.

Таблица 1

Характеристика весов настольных циферблатных

Условные обозначения весов	Допустимые нагрузки		Допустимые погрешности при взвешивании	
	наибольшее, кг	наименьшее, г	нагрузки, г	погрешность, не более
ВНЦ-2	2	20	20-1000 более 1000	1 г 1% факт. нагрузки
РН-10Ц13 РН-10Ц13М	10	100	100-2500 более 2500	2,5 г 1% факт. нагрузки

Классификация весоизмерительных приборов осуществляется по следующим признакам: способу уравнивания груза; способу установки; виду указательного (отсчетного) устройства; наибольшему пределу взвешивания.

По способу уравнивания взвешиваемого груза весоизмерительные приборы подразделяются на рычажные, электромеханические и пружинные.

В зависимости от способа установки весоизмерительные приборы подразделяются на настольные передвижные и стационарные.

В зависимости от вида указательного (отсчетного) устройства весы подразделяются на гирные, шкальные, шкально-гирные, циферблатные, циферблатно-гирные и цифровые электронные.

Способ снятия показаний весов может быть визуальный (зрительный), документальный (показания печатаются на документе), местный (когда работник находится рядом с весами) и дистанционный (показания снимаются на расстоянии от весов).

На основании приведенной выше классификации для обозначения различных типов весов принята условная буквенно-цифровая индексация.

Например; РН-10Ц13У – весы рычажные (Р), настольные (Н), с наибольшим пределом взвешивания 10 кг, циферблатные (Ц), с визуальным отсчетом (1) и местным способом снятия показаний взвешивания (3), универсальные (У).

Гири общего назначения изготавливаются пяти классов с номинальной массой: 20, 10, 5, 2, 1 кг; 500, 200, 100, 50, 20, 5, 2, 1 г; 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 мг.

Гири условные (ГОСТ 11711-66) предназначены для комплектации платформенных рычажных гирных весов общего назначения с отношением плеч рычажной системы 1 : 100.

Изготавливаются условные гири с номинальной массой: 5, 2, 1, 0,5, 0,2, 0,1 кг.

Каждая из этих гирь на весах уравнивает массу груза в 100 раз большую массы гири.

Устройство весов настольных циферблатных

Особенностью циферблатных настольных весов является сочетание действия двух рычагов – равноплечего 1 рода и квадранта. Основным элементом весов (рис.1.4) является сдвоенный равноплечий рычаг (коромысло) 14, состоящий из двух одинаковых дугообразных металлических полос. На коромысле 14 смонтировано три призмы. Центральная призма 15 является опорной, призмы, расположенные по концам, - грузоприемными. На грузоприемные призмы 11 опираются цилиндры товарной 10 и гиревой 1 площадок. Цилиндры жестко закреплены со штангами 3; верхние концы штанг шарнирно соединены с корпусом весов с помощью струнок 4. Штанги 3 и струнки 4 циферблатных весов выполняют ту же роль, что и вспомогательные рычаги в весах настольных гирных. Для обеспечения точности взвешивания необходимо, чтобы длина струнок соответствовала длине плеч коромысла, т. е. чтобы соблюдалось условие параллельности между струнками и плечами коромысла. В цилиндре под гиревой площадкой устроена тарировочная камера 19, в которую насыпается балласт для выведения стрелки 6 в нулевое положение. Под товарной площадкой укрепляется масляный успокоитель колебаний (демпфер) 12. Между штангами 3 размещен квадрант 2 со стрелкой 6, который опирается на опорную призму 16, смонтированную в кронштейн корпуса весов. В нижней части штанги товарной площадки 10 укреплена призма 9, которая с помощью двух сурег и тяги 8 соединяется с грузоприемной призмой 7 квадранта. В верхней части весов расположен циферблат 5.

Весь механизм весов смонтирован в корпусе 13, установленном на винтовых ножках 18, с помощью которых можно регулировать горизонтальность весов по уровню 17.

Работа весов. Под действием массы груза товарная площадка 10 (рис. 1.5) опускается и поворачивает коромысло 14 относительно опорной призмы 15. Одновременно штанга 3 опускается вниз и через тягу 8 воздействует на грузоприемную призму 7 квадранта и поворачивает его относительно опорной призмы 16. Момент силы тяжести взвешиваемого груза уравнивается моментом силы тяжести груза квадранта. Стрелки 6 вместе с квадрантом 2 поворачиваются вдоль плоскости шкалы циферблата 5 на определенный угол и показывают массу груза. Когда масса груза превышает верхний предел шкалы циферблата, основную часть груза уравнивают с помощью коромысла 14

путем установки гирь на гиревую площадку 1, остальная часть уравнивается за счет отклонения квадранта 2.

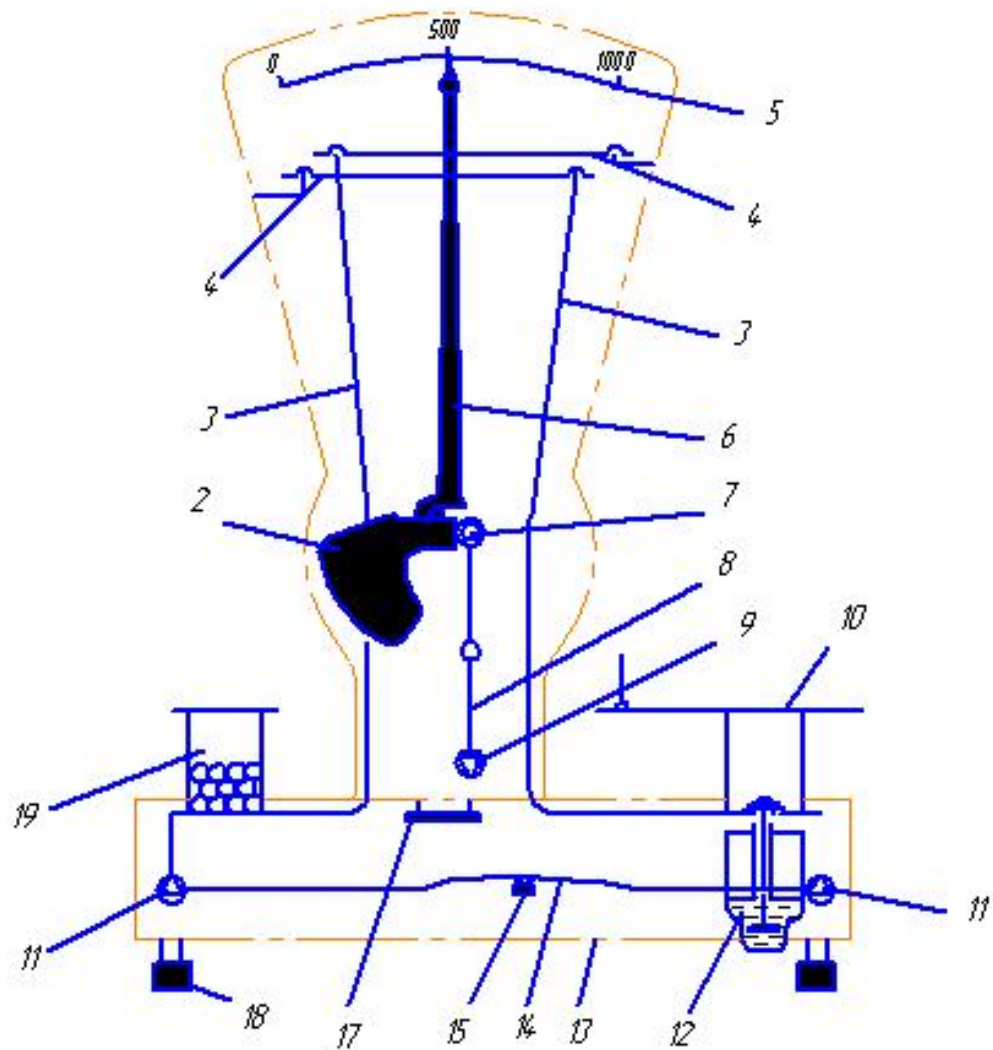


Рис.1.4. Принципиальная схема устройства весов настольных циферблатных РН-10Ц13

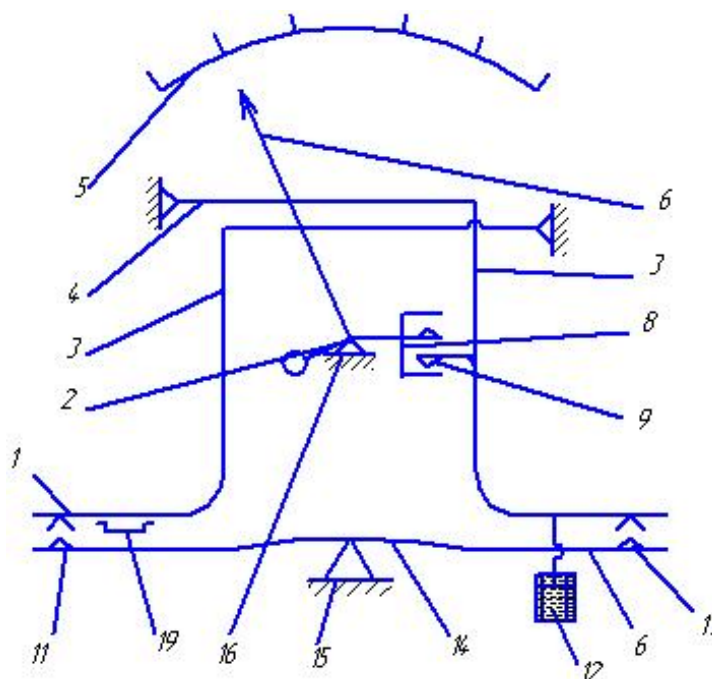


Рис.1.5. Кинематическая схема весов настольных циферблатных РН-10Ц13

Порядок выполнения работы

а) выполняют технический осмотр проверяемых весов;

б) делают проверку уровня весов:

- устанавливают весы по уровню на прочном основании;

- под две ножки весов (по длинной стороне) кладут пластину-линейку толщиной 1мм. Уровень признается удовлетворительным, если при этом его пузырек сместится не менее, чем на 1мм;

в) производят проверку показаний, цены делений и непостоянство показаний (чувствительность весов) при 0,1 предельной нагрузки весов в следующем порядке:

- на площадки двучашечных весов помещают парные гири, соответствующие 0,1 предельной нагрузки весов, при этом отклонение стрелки от нулевого положения циферблата не должно превосходить половины деления шкалы;

- для проверки цены деления на весы помещают или с них снимают гири-грузики, соответствующие цене деления шкалы, при этом стрелка должна переместиться на одно деление так, чтобы между кромками стрелки и штрихом не было бы просвета;

- определяют непостоянство показаний, для чего нажимом руки грузоприемную чашку отклоняют трижды до упора и замечают отсчет показаний после остановки стрелки. Наибольшая разница в показаниях весов при этом испытании не должна превосходить половины деления шкалы;

г) проверяют независимость (постоянство) показаний весов поочередным размещением груза на площадках так, как показано на рис.1. 6.

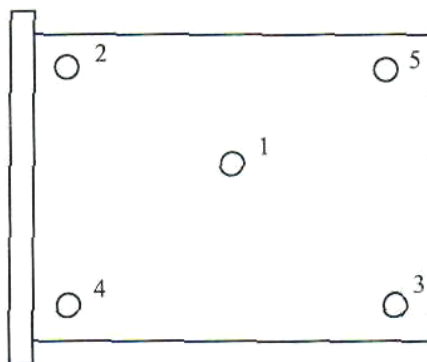


Рис. 1.6. Положения установки гирь на площадках циферблатных весов при проверке независимости показаний и чувствительности

При всех положениях гирь стрелка может отклоняться от исходной отметки не более чем на половину деления шкалы;

д) производят проверку точности показаний и цены деления при нагрузках от предельной P_{\max} до суммы предельной и диапазона показаний $P_{\max} + P$.

Для проверки весов в пределах от P_{\max} до $P_{\max} + P$ (например, от 10 до 11 кг на весах с предельной нагрузкой 10 кг и пределом показаний по шкале циферблата 1 кг) на обе площадки весов помещают образцовые гири, значение массы которых равно предельной нагрузке весов. Затем на грузоприемное устройство помещают дополнительно образцовые гири в количестве, соответствующем последовательно какой-либо числовой отметке в первой и второй половине шкалы. Разность между показаниями весов и номинальным значением массы гирь, находящихся на грузоприемном устройстве, не должна при этом превосходить 0,1 % от предельной нагрузки весов.

При каждой из упомянутых нагрузок производят проверку цены деления весов путем наложения или снятия гирь-грузиков, соответствующих по массе цене деления шкалы. При этом стрелка весов должна переместиться на одно деление;

е) во всех случаях проверки весов устанавливают допустимые и фактические погрешности;

ж) результаты проверки весов заносят в табл. 2, составляют отчет и делают выводы. В выводах дают заключение о качестве весов по метрологическим показателям и результатам технического осмотра.

Отчет по работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема действия квадранта циферблатных весов.
3. Результаты проверки весов занести в таблицу 2.
4. Выводы.

Таблица 2

Результаты проверки весов

Метрологические характеристики весов	Типы весов	Выводы
Нагрузка весов, кг: Предельная Наименьшая допустимая		
Погрешности взвешивания при 10 % нагрузке: Допустимая Фактическая При 100 % нагрузке: Допустимая Фактическая		
Чувствительность весов: Допустимая Фактическая		

Контрольные вопросы

1. Существующие типы весов.
2. Принцип работы рычагов 1 и 2 рода.
3. Принцип работы квадранта.
4. Принцип работы рычажных весов.
5. Перечислите метрологические качества весов.
6. Классификация весоизмерительных приборов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ПРИНЦИП ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ

Цель работы заключается в изучении тензоэффекта и принципа его использования для взвешивания пищевых масс. Конечной целью работы является построение градуировочной зависимости между нагрузкой, действующей на силоизмерительный элемент нагружающего устройства, и показанием тензометрического прибора.

Применяемые приборы и материалы: прибор ИДЦ-1, лабораторная установка.

Основные теоретические положения

Для измерения механических величин (сил, давлений и т.д.) широкое применение находят электрические первичные преобразователи, принцип действия которых основан на тензоэффекте. Например, для взвешивания муки, хранящейся в бункерах, вместо традиционных механических рычажных весов применяют тензометрические весы, которые позволяют автоматизировать процесс взвешивания с использованием компьютера. Электрический метод измерения механических величин дает возможность проводить их дистанционное измерение с непрерывной записью во времени.

Работа тензометрических первичных преобразователей (тензорезисторов) основана на тензоэффекте, который заключается в изменении активного электрического сопротивления проводника при его деформировании. Электрическое сопротивление проводника выражается зависимостью

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где ρ – удельное сопротивление материала проволоки, l – длина проволоки, S – площадь поперечного сечения проволоки.

При деформации проволочных тензисторов, изготавливаемых из константа, тензоэффект обусловлен изменением длины l и площади поперечного сечения проводника S . Тензоэффект полупроводниковых тензорезисторов, изготавливаемых из кристаллов кремния или германия, вызывается изменением их удельного сопротивления ρ .

Для измерения деформации детали на нее наклеивают тензорезистор, обеспечивая электрическую изоляцию между деталью и проволочной решеткой тензорезистора. При нагружении детали какой-либо нагрузкой деформация ее поверхностного слоя передается тензорезистору, у которого сопротивление R изменяется пропорционально приложенной нагрузке. Если через тензорезистор пропускать электрический ток, то сила тока будет изменяться в соответствии с изменением его активного сопротивления. Таким образом, выходной сигнал с тензорезистора, подаваемый на регистрирующий прибор, будет пропорциона-

лен приложенной нагрузке. Для ее определения шкалу регистрирующего прибора градуируют в единицах нагрузки (Ньютонах, Паскалях и др.).

Примером применения тензорезисторов может служить весовой электротензометрический дозатор для мелкоштучных изделий (оборудование для дозирования пищевых продуктов и изделий). Упрощенная технологическая схема дозатора показана на рис.2.1. Весовой бункер 2 закреплен на упругой пластине 4, на поверхность которой приклеены тензометрические резисторы 5. При работе дозатора продукт при помощи вибрлотка 1 загружается в весовой бункер 2. Сила тяжести продукта вызывает деформацию упругой пластины 4, что приводит к изменению сопротивления тензорезисторов 5. Когда доза продукта в весовом бункере достигает заданной величины, электрический сигнал резисторов приводит в действие исполнительный механизм раскрытия створок подвижного днища бункера 2 и отмеренная доза выгружается в ковш 3.

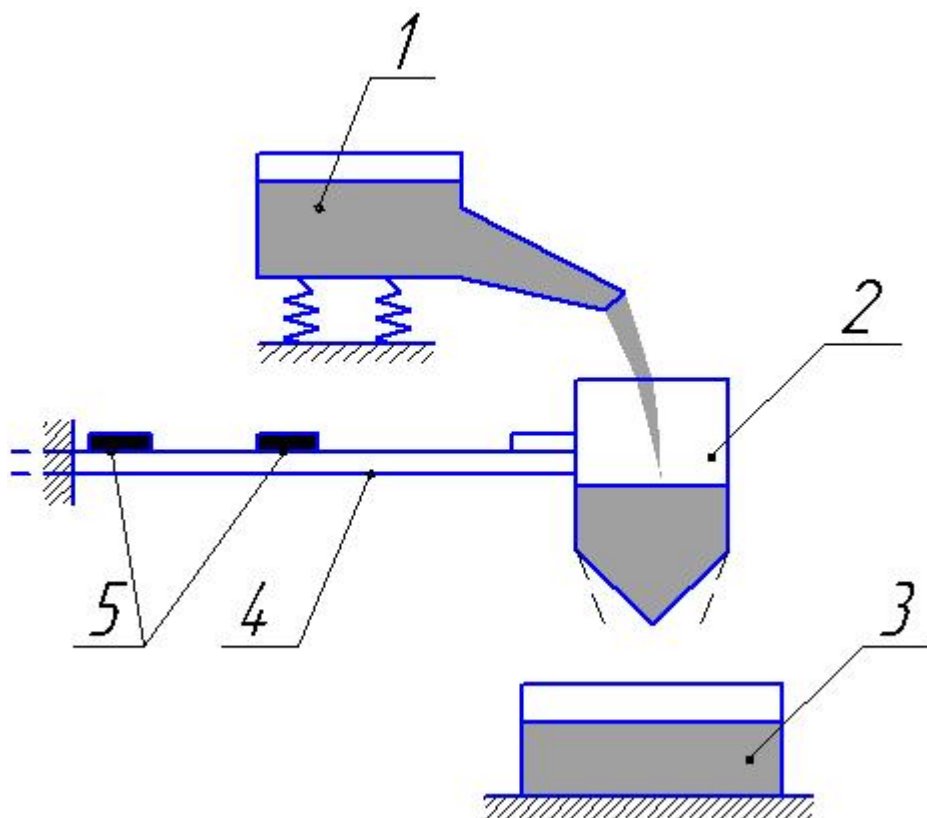


Рис. 2.1. Технологическая схема весового электротензометрического дозатора

Блок-схема лабораторной установки

Лабораторная работа проводится на установке, блок-схема которой представлена на рис. 2.2.

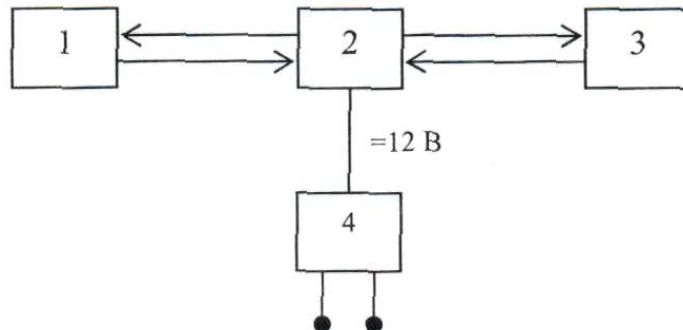


Рис. 2.2. Блок-схема

- 1 – нагружающее устройство,
- 2 – цифровой измеритель деформаций ИДЦ-1,
- 3 – магазин сопротивлений,
- 4 – блок питания

Описание тензометрической схемы

Для того чтобы данная лабораторная работа выполнялась студентами независимо друг от друга, на балку наклеено 8 рабочих тензорезисторов.

Прибор ИДЦ-1 предназначен для измерения статических деформаций. Именно такие деформации имеют место при взвешивании емкостей, предназначенных для хранения пищевого сырья. Прибор имеет 10 каналов, к каждому из которых подсоединяется свой рабочий тензорезистор. Снятие показаний с рабочих тензорезисторов осуществляется последовательным опросом каждого канала прибора нажатием вручную соответствующей кнопки. Номера рабочих тензорезисторов соответствуют номерам каналов прибора ИДЦ-1, к которым подсоединены.

Прибор ИДЦ-1 запитывается постоянным напряжением 12 В от блока питания, который включается в сеть напряжением 220 В. При подключении прибора ИДЦ-1 к блоку питания необходимо соблюдать соответствие полярностей: "плюс" клеммы прибора ИДЦ-1 должен быть соединен с клеммой "плюс" блока питания.

После всех подключений нажимается кнопка "Питание", кнопка нужного канала и кнопка "Пуск". Показание прибора считывается с его шкалы.

Начальное показание прибора A_0 (в условных единицах) соответствует ненагруженному состоянию штока. Далее, задавая балке определенный прогиб

f , аналогичным образом со шкалы прибора считывается соответствующее показание A_i . Полученные данные заносятся в таблицу 1. На основании этих данных строится градуировочная характеристика $\Delta A = f(Q)$, позволяющая по показаниям прибора ИДЦ-1 определить нагрузку, действующую на шток нагружающего устройства.

Таблица 1

№ ступени и нагружения	Прогиб балки f , мм	Сила Q , действующая на шток, Н	Показания прибора в усл. ед.			
			При нагружении		При разгрузении	
			A_i	$\Delta A = A_i - A_0$	A_i	$\Delta A = A_i - A_0$
0	0					
1	0,1					
2	0,2					
3	0,3					
4	0,4					
5	0,5					
6	0,6					

Для получения градуировочной кривой по данным табл. 1 строят график, по оси абсцисс которого откладывают значения силы Q в Н, а по оси ординат – соответствующее показание прибора ΔA в усл. ед. при нагружении и при разгрузении силоизмерительного элемента (штока).

Порядок выполнения работы

1. Изучить работу цифрового измерителя деформации и нагружающего устройства.
2. Начертить схему нагружения балки.
3. Определить соотношение между силой действующей на шток и прогибом балки в центре (начертить эпюру грузовую и эпюру от единичной силы).
4. Дать балке небольшое предварительное нагружение, соответствующее ее прогибу $f = 0,1$ мм. Выставить стрелку индикатора на ноль.
5. Включить в сеть 220 В блок питания и подать напряжение на цифровой измеритель деформации ИДЦ-1 нажатием его кнопки «Питание».
6. Нажать на кнопку прибора ИДЦ-1, соответствующую выбранному каналу подключения тензорезистора.
7. Нажать на кнопку «Пуск» прибора ИДЦ-1 и сбалансировать мостовую схему, для чего переключатели магазина сопротивления R_{33} выставить на 90 Ом. При правильно собранной установке начальное показание A_0 прибора ИДЦ-1 должно быть в пределах 0900...1100. Снять это показание и записать первую строку табл. 1.

8. Ступенями нагружая балку согласно табл. 1, снять показания A_i с прибора и записать их в соответствующие строки табл. 1.

9. Из каждого показания прибора A_i вычесть начальное показание A_0 и результаты записать в табл. 1.

10. По данным табл. 1 построить градуировочную кривую, усреднив ее по точкам, полученным при нагружении и разгрузении.

Отчет о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема нагружающего устройства.
3. Результаты опыта занести в таблицу.
4. По данным таблицы построить градуировочную кривую, усреднив ее по точкам, полученным при нагружении и разгрузении.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое тензоэффект и в чем заключается принцип тензометрического взвешивания?

2. Каковы преимущества тензометрического взвешивания по сравнению со взвешиванием на механических весах?

3. Принцип работы весового электротензометрического дозатора для мелкоштучных изделий.

4. Как строится градуировочная кривая для тензометрического взвешивающего устройства?

5. Что входит в состав блок-схемы тензометрического взвешивающего устройства?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИСПЫТАНИЕ СЕПАРАТОРА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Цель работы

1. Изучение основных закономерностей процесса разделения под действием центробежной силы.
2. Ознакомление с устройством молочного сепаратора. Расчетное определение его производительности и фактора разделения.
3. Исследование влияния жирности, величины выходного зазора и температуры на производительность и качество разделения водно-жировой эмульсии.

Применяемые материалы и оборудование: растительное масло (0,2 л), горячая вода (10 л), молоко, термометр, секундомер, мерные емкости (1л-8 шт.), мензурка, мешалка, электросепаратор ЭСБ-02.

Основные положения

В пищевых производствах часто возникает задача разделения неоднородных систем на составные части как с целью получения необходимого продукта, так и для защиты окружающей среды от загрязнения. Одним из основных гидромеханических методов разделения неоднородных систем в пищевой промышленности является осаждение под действием центробежных сил.

Для создания поля центробежных сил при осаждении используют два технических приема: поток жидкости или газа вращается в неподвижном аппарате; поток поступает во вращающийся аппарат и вращается вместе с ним. В первом случае процесс называется циклонным, а аппарат – циклоном, во втором - отстойным центрифугированием, а аппарат – отстойной центрифугой или сепаратором.

Неоднородными, или гетерогенными, называют системы, состоящие, как минимум, из двух фаз: дисперсной (внутренней), обычно находящейся в тонко-раздробленном состоянии, и дисперсионной (внешней), окружающей частицы дисперсной фазы. Это могут быть суспензии, эмульсии, пены, пыли, дымы и туманы. (Эмульсия – это неоднородная система, состоящая из двух жидких фаз, не растворяющихся одна в другой. Суспензия – это неоднородная система, состоящая из жидкой дисперсионной и твердой дисперсной фаз. В тонкодисперсных суспензиях размеры твердых частиц составляют 0,1...100 мкм.)

Сепараторы – устройства для разделения эмульсий и тонкодисперсных суспензий. Сепараторы обеспечивают эффективное отделение дрожжей от сброженной бражки, тонкое осветление виноматериалов, обезжиривание молока и др.

Во вращающемся потоке на взвешенную частицу действует центробежная сила F и сила тяжести G . Центробежная сила

$$F = m \cdot a_n = m \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (1)$$

где m – масса частицы; a_n – центростремительное ускорение;

ω – угловая скорость вращения; r – радиус вращения.

Сила тяжести

$$G = m \cdot g.$$

Для сравнения эффективности разделения под действием центробежных сил используют так называемый фактор разделения K , показывающий во сколько раз действующая на частицу центробежная сила больше силы ее тяжести:

$$K = F/G = (\omega^2 \cdot r) / g. \quad (2)$$

Выразив угловую скорость ω (рад/с) через частоту вращения n (об/мин) как $\omega = \pi \cdot n / 30$ и приняв $\pi^2 \approx g$, получим

$$K \approx (n^2 \cdot r) / 900. \quad (3)$$

Фактор разделения является важной характеристикой сепаратора, определяющей его разделяющую способность. Чем выше фактор разделения, тем интенсивнее протекает процесс.

Сепараторы могут быть классифицированы по следующим признакам: технологическое назначение; конструкция барабана; способ выгрузки осадка (шлама); принцип и характер выгрузки осадка; конструкция устройства для выгрузки осадка; способ подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования; область применения (отрасль промышленности); вид привода сепаратора.

По технологическому назначению сепараторы делятся на три основных класса:

- 1) сепараторы-разделители для разделения смеси жидкостей, не растворимых одна в другой, и для концентрирования суспензий и эмульсий;
- 2) сепараторы-осветлители для выделения твердых частиц из жидкости;
- 3) комбинированные сепараторы для выполнения двух или более операций переработки жидкой смеси.

По конструкции сепараторы разделяют на тарельчатые и камерные.

По способу подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования различают сепараторы трех типов: открытые, полужакрытые и герметические.

По виду привода сепараторы подразделяют на три группы: с ручным, комбинированным и электромеханическим приводом.

Технические данные и устройство электросепаратора ЭСБ 02.00.00.000 РЭ

В работе используется электросепаратор бытовой ЭСБ 02.00.00.000 РЭ ОАО «Пензмаш». Сепаратор предназначен для разделения цельного молока на

сливки и обезжиренное молоко (обрат) с одновременной очисткой их от загрязнения.

Жир находится в молоке в виде мельчайших шариков диаметром 1-10 мкм. Поскольку разница в плотности плазмы и жира невелика (1030,6 и 911,9 кг/м³ при 30° С) и размеры жировых шариков малы, то всплывание их в условиях естественного отстоя происходит очень медленно и полнота выделения жира небольшая. Для ускорения и улучшения этого процесса и применяют сепараторы.

Электросепаратор состоит из электропривода, барабана и приемно-выводного устройства.

Электропривод состоит из корпуса 1, внутри которого на упругих резиновых опорах вертикально установлен электродвигатель 2. Выходной вал электродвигателя имеет паз для установки барабана 3. Приемно-выводное устройство предназначено для подачи молока в барабан, вывода сливок и обезжиренного молока и состоит из приемника молока 8 с краном 9, поплавковой камеры 6, поплавок 7, приемника сливок 5, приемника обезжиренного молока 4 (рис. 3.1).

На корпусе электропривода установлен выключатель 10. Имеется шнур с вилкой для подключения к электросети. Сепаратор закрепляется на столе 11 при помощи шурупов 12.

Барабан (рис. 3.2) состоит из основания 1, уплотнительного кольца 2, тарелкодержателя 3, пакета тарелок 4, разделительной тарелки 5 с регулировочным винтом, крышки 6 и гайки 7. Технические характеристики электросепаратора приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики электросепаратора

	Ед. изм.	
Производительность, не менее	Дм ³ /час	50
Частота вращения барабана	Об/мин	12000
Количество тарелок в барабане	Шт.	11
Емкость приемника молока, не менее	Дм ³	5,5
Время выхода барабана на рабочий режим	Мин	1...2
Время непрерывной работы до очистки барабана, не более	Мин	30
Содержание жира в обрате, не более	%	0,05
Регулировка объемных соотношений сливок к обрату	-	1: 4...1:10
Номинальная потребляемая мощность	Вт	80
Номинальное напряжение	В	220
Частота тока	Гц	50

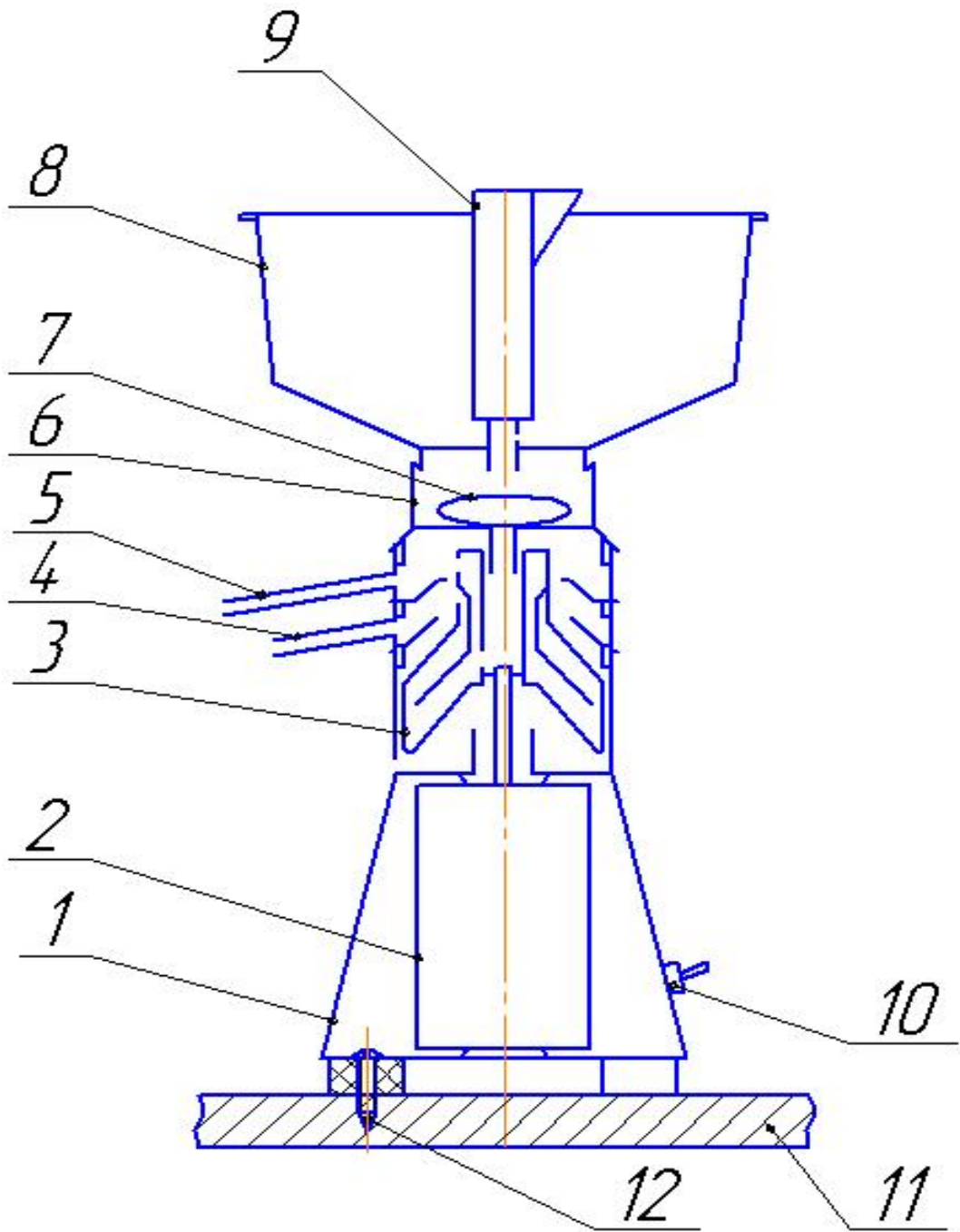


Рис.3.1. Принципиальная схема устройства сепаратора

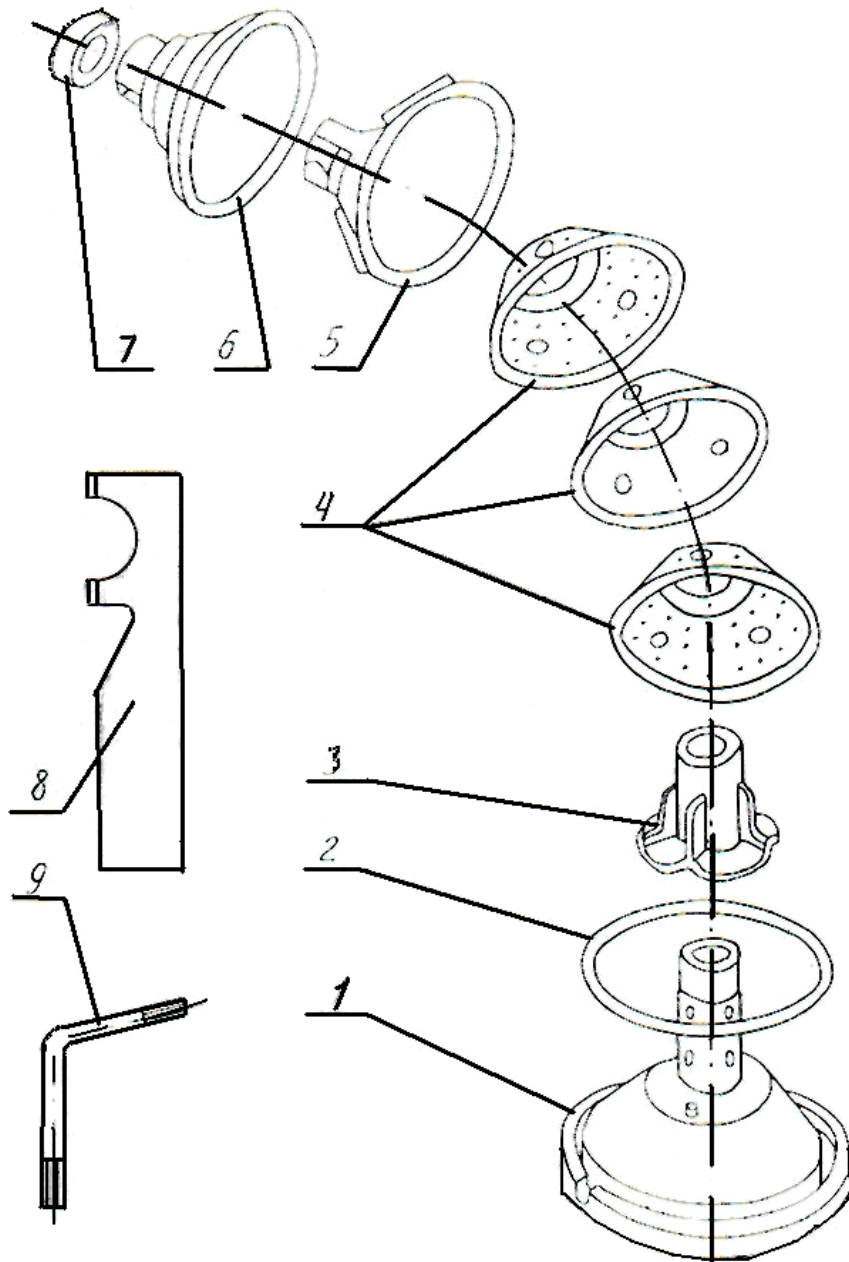


Рис. 3.2. Барабан электросепаратора

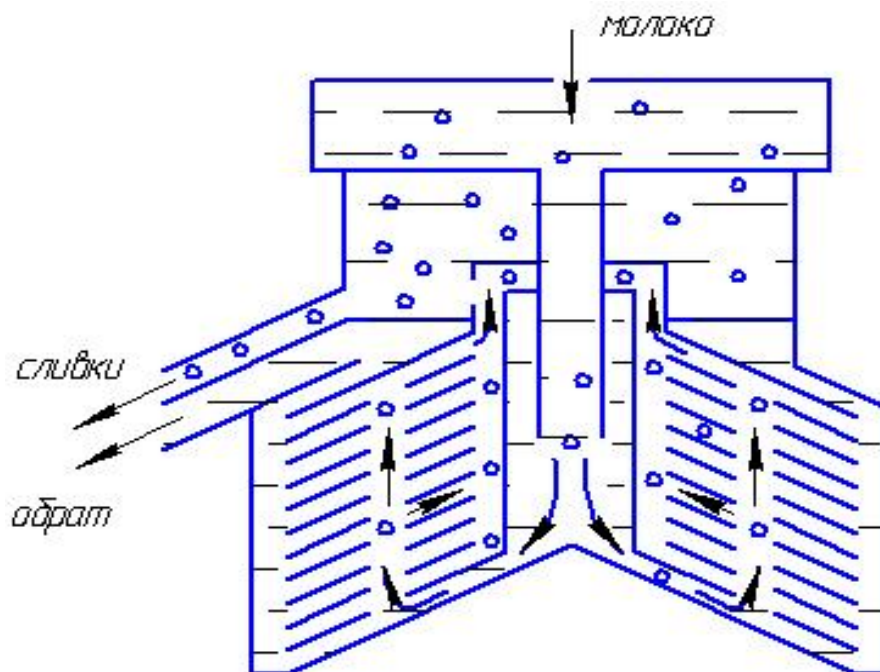


Рис.3.3. Принципиальная схема разделения молока в сепараторе

Разделение цельного молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат) осуществляется следующим образом. Молоко через кран приемника стекает в поплавковую камеру, из которой поступает в питающую трубку основания барабана и далее в тарелкодержатель (рис. 3.3). Из тарелкодержателя по вертикальным каналам пакета тарелок молоко распределяется в межтарелочных зазорах, где под действием центробежных сил разделяется на две фракции: сливки и обезжиренное молоко.

Обезжиренное молоко как тяжелая фракция под действием центробежной силы отбрасывается к периферии барабана. Под давлением новых порций оно поднимается в горловину барабана и через паз вытекает в приемник обезжиренного молока.

При этом сливки как более легкая фракция вытесняются тяжелой фракцией к оси вращения барабана и под действием новых порций поднимаются до разделительной тарелки и через отверстие регулировочного винта выводятся в приемник сливок.

Производительность молочного сепаратора (в м³/час) можно определить по формуле:

$$V_{\tau} = 221,4 \cdot \eta \cdot d_{\text{ч}}^2 \cdot n^2 \cdot \text{tg} \alpha \cdot (R^3 - r^3) \cdot z \cdot t, \quad (4)$$

где $\eta = 0,5 \dots 0,7$ – КПД сепаратора; $d_{\text{ч}}$ – диаметр частиц жира, м; n – частота вращения, с⁻¹; z – число тарелок; $\alpha = 45 \dots 50^{\circ}$ – угол наклона тарелок; R, r – внешний и внутренний радиусы тарелки соответственно, м; $t = 40 \dots 50^{\circ} \text{C}$ – температура сепарирования.

Из формулы (4) видно, что с увеличением числа тарелок производительность сепаратора возрастает. Это происходит за счет сокращения пути свободного осаждения частиц. Если частица достигла поверхности тарелки, то можно считать, что она выделилась из эмульсии.

Порядок выполнения работы

1. Замерить наибольший R и наименьший r радиусы тарелок барабана сепаратора, а также их угол наклона α . По формулам (3) и (4) рассчитать фактор разделения и производительность сепаратора (принять $d_{\text{ч}} = 1,3 \dots 1,5$ мкм).

2. Собрать барабан сепаратора. Для этого (рис. 3.2) вложить в канавку основания барабана 1 уплотнительное кольцо 2. Надеть на питающую трубу основания барабана 1 тарелкодержатель 3 так, чтобы штифт основания барабана вошел в отверстие тарелкодержателя.

Надеть на тарелкодержатель все тарелки 4 в следующем порядке: первая тарелка – с шипиками, вторая – гладкая и так далее с чередованием тарелок с шипиками и гладких. Последняя тарелка должна быть с шипиками.

Затем установить разделительную тарелку 5, крышку барабана 6. При этом фиксатор с винтом регулировочным на разделительной тарелке должен войти в паз крышки барабана 6, а выступ на крышке барабана – в паз основания барабана. Навернуть на трубку основания барабана гайку 7 и затянуть ее специальным ключом 8 усилием от руки до упора.

3. Произвести «регулировку жирности» на максимум. Для этого при помощи специального шестигранного ключа 9 (рис. 3.2) завернуть регулировочный винт на барабане (до упора, но без чрезмерных усилий).

4. Собрать сепаратор в следующей последовательности (рис. 3.1). Установить барабан 3 на вал двигателя 2 так, чтобы штифт барабана вошел в паз вала. Затем, не допуская перекосов, установить последовательно приемник обрата 4, приемник сливок 5, поплавковую камеру 6 с поплавком 7, приемник молока 8, кран 9 (в положении «закрыто»).

Приемник сливок и обрата повернуть в удобное положение для стока сливок и обезжиренного молока. При этом барабан не должен задевать за питающую трубу поплавковой камеры.

Закрывать дренажное отверстие А в корпусе сепаратора запрещается во избежание попадания жидкости на электродвигатель (рис. 3.1).

5. Приготовить водно-жировую эмульсию объемом 1 л с разной жирностью, например, 2% и 4%. Жирность $Ж$ эмульсии (в объемных процентах) определяется формулой:

$$Ж = \frac{V_M}{V_B + V_M} \times 100, \quad (5)$$

где V_M – объем масла; V_B – объем чистой воды.

Следовательно, количество масла, необходимое для приготовления эмульсии заданной жирности, вычисляется так:

$$V_M = \frac{V_B \cdot \mathcal{J}}{100 - \mathcal{J}}, \quad (6)$$

где \mathcal{J} – требуемая жирность эмульсии, %.

Тщательно перемешать масло в воде для получения однородного состава эмульсии.

6. Включить сепаратор, выждать 1-2 минуты, залить в приемник молока 1 л. чистой теплой воды, плавно открыть кран. (Резкое открытие крана может привести к разгерметизации барабана!) При помощи секундомера или часов оценить продолжительность прохождения жидкости через сепаратор. Замерить количество воды, вышедшей из приемника сливок и приемника обрата. Определить соотношение «сливок» к «обрату». Если установленное соотношение не устраивает, изменить регулировку барабана, как указано в п.3, повторить опыт.

Далее можно без остановки сепаратора произвести разделение приготовленных эмульсий. Определить чистоту разделения, оценив или замерив количество воды в «сливках», количество масла в «обрате», величину потерь масла (на стенках деталей сепаратора).

7. Изменить регулировку барабана. Для этого при помощи специального шестигранного ключа 9 (рис. 3.2) вывернуть регулировочный винт на барабане на несколько оборотов. Затем выполнить пункты 4...6.

Опыты провести для 2...3 положений регулировочного винта при использовании 2...3 разных (по жирности) эмульсий.

8. Промыть сепаратор теплой водой. Залить молоко в сепаратор при комнатной температуре (замерить температуру молока), произвести разделение. Определить соотношение сливок к обрату. Нагреть молоко до температуры 40-50⁰С, произвести разделение.

Отчет по работе

1. Название и цель работы.
2. Схема работы барабана молочного сепаратора (упрощенный рисунок 3.3).
3. Размеры тарелок сепаратора
 $R =$; $r =$; $\alpha =$.
Фактор разделения по формуле (3) $K =$
Расчетная производительность сепаратора по формуле (4) $V_\tau =$
4. Результаты опыта.
Температура воды (эмульсии) $t =$
Используемое масло –

Результаты опыта

Жирность эмульсии %	Температура эмульсии, С ⁰	Объем сливок, л	Объем обраты, л	Соотношение сливок и обраты	Продолжительность процесса	Чистота разделения

5. Выводы (каково влияние жирности эмульсии, величины регулировочного соотношения и температуры на продолжительность и чистоту процесса разделения в молочном сепараторе).

Контрольные вопросы

1. Какие системы называются неоднородными (гетерогенными)?
2. В чем состоит основное отличие суспензий от эмульсий?
3. Что такое «фактор разделения» и что он характеризует?
4. Назовите параметры, которыми определяется эффективность разделения в поле центробежных сил.
5. Что является движущей силой в сепараторах?
6. Какая классификация сепараторов вам известна?
7. Поясните устройство и принцип действия молочного сепаратора.
8. Почему процесс разделения в сепараторе идет и при использовании чистой воды?
9. От чего зависит производительность молочного сепаратора?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДИСТИЛЛЯТОР ДЛЯ ПРОСТОЙ ПЕРЕГОНКИ

Цель работы

1. Изучение устройства и принципа работы аквадистиллятора электрического ДЭ-4 ТЗМОИ.
2. Определение часовой производительности и расчет мощности аппарата.

Применяемые приборы и материалы: аквадистиллятор электрический ДЭ-4 ТЗМОИ, термометр, секундомер.

Основные положения

Аквадистиллятор предназначен для получения очищенной воды путем производства пара из исходной воды и его конденсации. Как известно, процесс однократного частичного испарения жидкой смеси и конденсации образовавшихся паров называется простой перегонкой.

В работе используется аквадистиллятор электрический ДЭ-4, изготовленный Тюменским заводом медицинского оборудования и инструментов. Его паспортные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики аквадистиллятора ДЭ-4 ТЗМОИ

Производительность, $дм^3/ч$, не менее	4 _{-0,4}
Род тока, однофазный	переменный
Частота, $Гц$	50
Напряжение, $В$	220±10%
Потребляемая мощность, $кВА$, не более	3,5
Время установления рабочего режима, $мин$, не более	20
Масса, $кг$, не более	10
Количество потребляемой исходной воды, $л/ч$, не более	

Конструктивное исполнение и принципиальная схема аквадистиллятора показаны на рисунке 4.1. Аквадистиллятор представляет собой цилиндр, состоящий из трех частей: камеры конденсации 1, камеры испарения 2 и электроблока 3.

К камере испарения через трубопровод подсоединен уравниватель 5, предназначенный для поддержания заданного уровня воды в камере испарения 2, что обеспечивается соединением камеры испарения и уравнивателя как двух сообщающихся сосудов и наличием в уравнивателе трубы слива 6.

Рядом с уравнивателем находится поплавковый датчик уровня 7, отключающий нагреватель при аварийно малом уровне воды в камере испарения.

В верхней части камеры испарения установлен сепаратор 8, предназначенный для очистки от капель воды выходящего из камеры испарения пара.

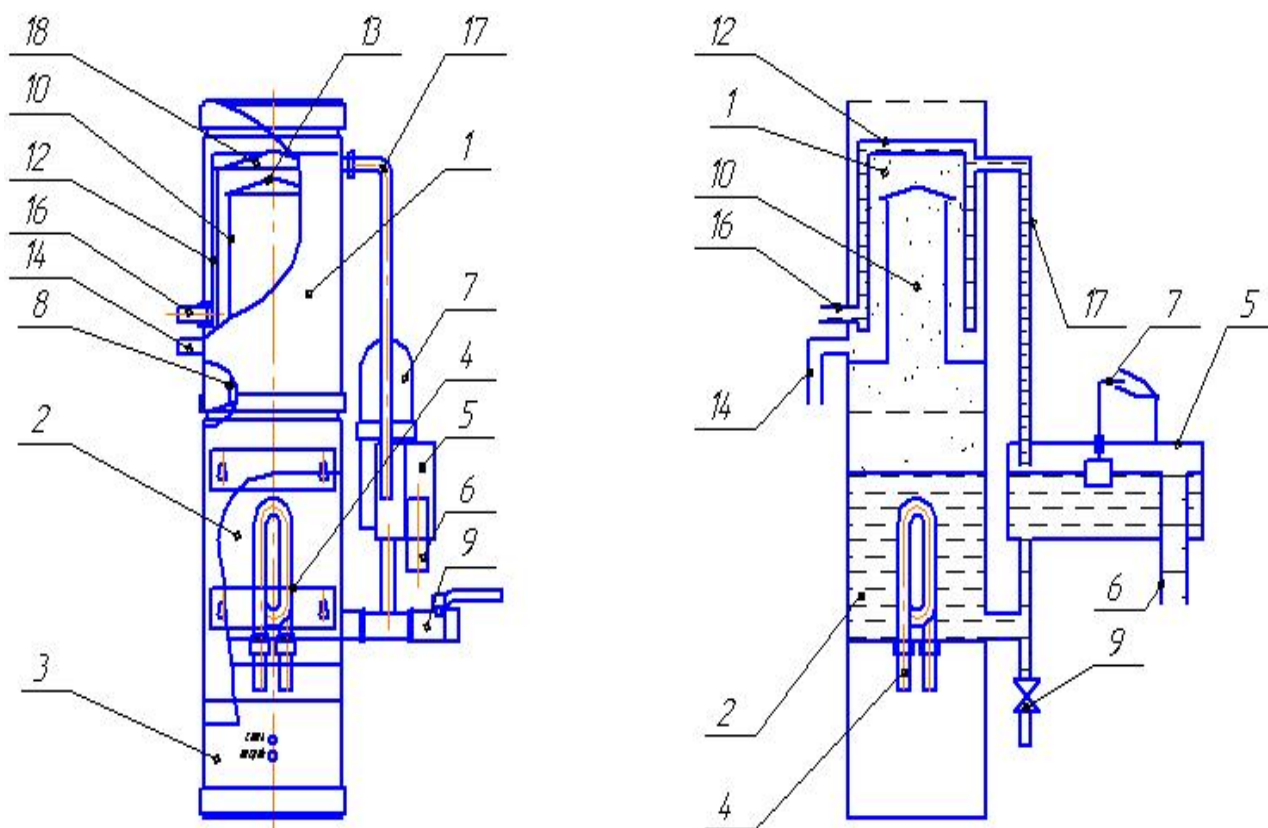


Рис.4.1. Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ

Сепаратор выполнен в виде двух соединенных между собой конусов, имеющих щелевое пространство для прохода пара и задержания жидкости.

Камера испарения имеет кран 9 для слива воды по окончании работы аквадистиллятора.

Камера конденсации 1 представляет собой сварную конструкцию, объединяющую в себе паровую камеру 10 и водяную рубашку 12. Наверху водяной рубашки установлен колпак 18, который предназначен для увеличения примерно на 10% производительности и снижения потребления аквадистиллятором исходной воды в два раза. В тех случаях, когда исходная вода содержит повышенное содержание легколетучих веществ (аммиак, нефтепродукты и др.), колпак 18 следует удалить для их свободного выхода через отверстия в крышке.

Наверху паровой камеры установлен отбойник 13 для дополнительной сепарации пара.

В нижней части камеры конденсации расположен штуцер 14 для отвода очищенной воды.

Водяная рубашка 12 имеет два штуцера: для ввода исходной воды 16 и вывода воды 17 из водяной рубашки в уравниватель 5.

Аквадистиллятор при работе отделяет растворенные в исходной воде газы от водяного пара и сбрасывает их в атмосферу через отверстия, находящиеся в верхней крышке.

Аквадистиллятор работает следующим образом (рис. 4.1). Из открытого вентиля подачи исходная вода поступает к водяной рубашке 12, с выхода которой вода подается в уравниватель 5 и далее поступает в камеру испарения 2, заполняя ее до рабочего уровня, после чего уровень поддерживается автоматически за счет перелива воды в сливную трубу 6. (Кран 9 слива воды из камеры испарения должен быть закрыт.)

Включением тумблера «НАГРЕВ» подают напряжение сети к электронагревателям 4. Вода в камере испарения 2 нагревается и закипает, превращаясь в пар.

Пар, проходя через сепаратор 8, освобождается от капель не перегнанной воды и поступает в паровую камеру 10, на выходе из которой дополнительно очищается с помощью отбойника 13. Далее пар поступает в камеру конденсации 1, где конденсируется за счет охлаждения водяной рубашкой 12.

При конденсации пара происходит его дегазация с выходом газов через отверстия в камере конденсации 1, при этом сбрасывается небольшое количество водяного пара.

При понижении уровня воды в камере испарения ниже допустимого поплавковый датчик уровня 7 обесточивает электронагреватели 4 с помощью микровыключателя, гаснет лампа «НАГРЕВ».

Порядок выполнения работы

1. Закрыть вентиль 9 слива воды из испарителя 2 (рис. 4.1).
2. Открыть вентиль подачи исходной воды в дистиллятор.
3. После заполнения камеры испарения водой (т.е. после того как вода начнет вытекать через трубку слива 6) подать напряжение питания на дистиллятор (вставить вилку в розетку), при этом должна загореться сигнальная лампа «СЕТЬ».

4. Включить тумблер «НАГРЕВ». При этом должна загореться сигнальная лампа «НАГРЕВ». Через 5-10 минут из штуцера 14 начнет вытекать очищенная вода.

5. При помощи двух мерных стаканов и секундомера определить время заполнения мерных стаканов, один из которых установить на выходе дистиллята из штуцера 14, а второй – на выходе воды из трубки 6. При помощи термометра измерить температуру дистиллята t_d и температуру воды на выходе t_{BK} .

6. Выключить тумблер «НАГРЕВ», отключить дистиллятор от сети. При этом лампы «СЕТЬ» и «НАГРЕВ» должны погаснуть. Закрыть вентиль подачи исходной воды в дистиллятор.

7. Налить в небольшую емкость исходную воду и измерить ее температуру t_{BH} .

Отчет по работе

1. Название и цель работы.
2. Схема дистиллятора.
3. Продолжительность отбора дистиллята $\tau_d =$ _____ сек
4. Количество полученного дистиллята $G_d =$ _____ мл
5. Часовая производительность аппарата ($\text{кг}/\text{ч}$)

$$G = \frac{3600 \times G_d \times \rho}{1000 \times \tau_d},$$

где $\rho = 1 \text{ кг}/\text{л}$ – плотность дистиллята (воды).

6. Температура исходной воды на входе в дистиллятор $t_{BH} =$ _____ С.
7. Мощность дистиллятора (по продукту), Вт :

$$N = \frac{G \times ((100 - t_{BH}) \times c + r)}{3600},$$

где $c = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ – удельная теплоемкость воды;

$r = 2300000 \text{ Дж}/\text{кг}$ – удельная теплота парообразования воды.

8. Температура исходной воды на выходе из дистиллятора $t_{BK} =$ _____ С.

Температура дистиллята $t_d =$ _____ С.

Продолжительность отбора исходной воды на выходе из дистиллятора $\tau_B =$ _____ сек; количество отобранной исходной воды на выходе из дистиллятора $G_B =$ _____ мл.

9. Мощность дистиллятора (исходя из теплового баланса), Вт :

$$N = \frac{c\rho}{1000} \left(\frac{G_d(t_d - t_{BH})}{\tau_d} + \frac{G_B(t_{BK} - t_{BH})}{\tau_B} \right).$$

10. Вывод (сравнить полученные характеристики аквадистиллятора с паспортными значениями).

Контрольные вопросы

1. Что называется простой перегонкой?
2. Назовите основные части аквадистиллятора, их расположение и назначение.
3. Поясните принцип работы аквадистиллятора.
4. Чему равна температура воды на входе в камеру испарения?

5. Что произойдет с аквадистиллятором, если во время его работы прекратилась подача исходной воды?

6. Поясните, как можно экспериментально оценить мощность аквадистиллятора «по продукту».

7. Поясните, как можно экспериментально оценить мощность аквадистиллятора, исходя из уравнения теплового баланса.

8. Как согласуются полученные в опыте результаты с паспортными данными аквадистиллятора?

Список литературы

1. Машины и аппараты пищевых производств: В 2кн. Учебник для вузов/ С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. В.А. Панфилова.-М.: Высш. шк., 2001.-680 с.

2. Лабораторный практикум по курсу «Технологическое оборудование пищевых предприятий» / Под ред. В.А. Панфилова.-М.: МГУПП, 1998.-51 с.

3. Черевко А.И., Попов Л.Н. Оборудование предприятий общественного питания. – М.: Экономика, 1988.-271 с.

4. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000. – 551 с.

5. Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторный практикум/ Под общ. ред. В.Н. Стабникова – Киев: Вища школа, 1986. – С. 42 - 47.

Уманская Ольга Леонидовна
Тютрин Сергей Геннадьевич

Технологическое оборудование

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ
по специальности 260601
«Машины и аппараты пищевых производств»
Часть 1

Редактор Н.Л. Попова

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 2,0	Уч.- изд. л. 2,0
Заказ	Тираж 3	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.