

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине

Технологическое оборудование пищевой промышленности
Ч.1

Направление подготовки	19.03.03 Продукты питания животного происхождения
Направленность (профиль)	Биоинженерия и технологии

Ставрополь, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны для выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Технологическое оборудование пищевой промышленности» ч.1 для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения, направленность (профиль) – «Биоинженерия и технологии».

Методические указания содержат цель, теоретическое обоснование, аппаратуру и материалы, методику выполнения и контрольные вопросы к защите лабораторных работ.

Составитель: проф., д.т.н. А.А. Борисенко

СОДЕРЖАНИЕ

- Лабораторная работа № 1 Устройство подвесных путей и конвейеров, определение коэффициентов тяги при перемещении грузов
- Лабораторная работа № 2 Изучение шнековых рабочих органов оборудования
- Лабораторная работа № 3 Изучение барабанных рабочих органов оборудования
- Лабораторная работа № 4 Изучение и расчёт дробилки для кости
- Лабораторная работа № 5 Изучение конструкций, исследование расхода мощности и расчёт волчка
- Лабораторная работа № 6 Изучение конструкции и расчет куттера
- Лабораторная работа № 7 Изучение и расчёт машины для нарезания шпика
- Лабораторная работа № 8 Изучение и расчёт фаршемешалки
- Лабораторная работа № 9 Устройство и определение основных параметров котлетного автомата

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

УСТРОЙСТВО ПОДВЕСНЫХ ПУТЕЙ И КОНВЕЙЕРОВ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЯГИ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ГРУЗОВ**1 Цель работы**

Изучение устройства и принципа действия подвесных путей и конвейеров, их конструктивных элементов. Освоение методики расчета коэффициента тяги, производительности и мощности привода конвейеров.

2 Теоретическое обоснование

Подвесные конвейеры предназначены для перемещения туш скота при его обескровливании и разделке в вертикальном положении. Подвесные конвейеры состоят из следующих конструктивных элементов: каркаса, подвесок, подвесных путей, грузонесущих органов, тяговой цепи, приводной, натяжной и оборотных станций и стрелок.

Каркас подвесных конвейеров – это система несущих и путевых балок, соединённых между собой. Подвески конвейеров предназначены для крепления подвесного пути и служат опорой для тяговой цепи.

Подвесные пути разделяются на полосовые и трубчатые. Трубчатые подвесные пути используются на участках обескровливания свиней и мелкого рогатого скота.

Тяговая цепь конвейеров – пластинчатая с шагом 150мм. Различаются тяговые цепи с пальцем снизу или сбоку, с роликами и крюками.

Производительность подвесных конвейеров (M , туш/час) рассчитывается по формуле:

$$M=60 L / T l, \quad (1.5)$$

где L – длина конвейера разделки; T – продолжительность разделки туш скота, мин; l – расстояние между тушами скота, м.

Длина конвейера и продолжительность разделки туш выбирается по номеру варианта задания. Расстояние между тушами: крупного рогатого скота – 1,8 м, свиней и баранов – 0,9 м.

Таблица 1.1 – Исходные данные по вариантам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8
T, мин	30	42	36	40	32	38	34	22
L, м	60	94	76	90	72	84	76	50
Вид скота	с	б	к	К	б	с	с	К
Варианты	9	10	11	12	13	14	15	16
T, мин	28	44	20	26	24	46	18	42
L, м	64	98	56	60	52	100	44	76
Вид скота	к	б	к	С	с	б	к	С

к – крупный рогатый скот; с – свиньи; б – мелкий рогатый скот

Мощность привода подвесных конвейеров (N , кВт) рассчитывается по формуле:

$$N=P_0 v/1000, \quad (1.6)$$

где P_0 – максимальное натяжение цепи конвейера, Н; v – скорость конвейера, м/с.

Натяжение рассчитывается для конвейера Г-образной формы с равной длиной его ветвей по методу «обхода контура».

В соответствии с этим методом вся длина конвейера разбивается на участки и для каждого из них выполняется расчёт приращений усилия тяги (ΔP , Н) по следующим формулам:

а) на холостых участках конвейера

$$\Delta P_x = 9,81 q_{\text{ц}} \cdot l \cdot \mu, \quad (1.7)$$

где $q_{\text{ц}}$ – масса 1 погонного метра цепи ($q_{\text{ц}}=12\text{кг}$); l – длина холостого участка подвешенного конвейера, м; μ – коэффициент трения скольжения цепи по направляющим ($\mu=0,2$).

б) на рабочих участках конвейера

$$\Delta P_p = 9,81 (q_{\text{ц}} \cdot \mu + q_m \cdot \beta \cdot K), \quad (1.8)$$

где $q_{\text{ц}}$ – полезная нагрузка на 1 м конвейера для туш крупного рогатого скота $q_{\text{крс}}=160\text{ кг/м}$, для свиней $q_{\text{с}}=110\text{кг/м}$, для туш баранов $q_{\text{б}}=60\text{кг/м}$; $\beta=1,2$ – коэффициент сопротивления реборд ролика; K – коэффициент тяги.

в) на участках поворота конвейера

$$\Delta P_0 = C \cdot \Delta P, \quad (1.9)$$

где C – коэффициент сгибания звёздочки цепью конвейера (при $\alpha = 90^\circ$ $C_1=0,1$ и при $\alpha = 180^\circ$ $C_2 = 0,2$).

Расчёт натяжения цепи выполняется последовательно, путём сложения приращений усилий тяги, начиная с первого участка конвейера. Максимальное натяжение цепи равно сумме приращений усилий тяги на всех участках конвейера.

4 Оборудование и материалы

Лабораторный стенд для определения коэффициента тяги, комплект основных конструктивных элементов подвешенного конвейера, динамометр.

5 Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя следующие основные положения:

Все работы на установках должны проводиться только в присутствии и участии преподавателя или ответственного лица, прошедшего полный инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

Место, где размещена установка, запрещается загромождать посторонними предметами.

Перед включением установки произвести тщательный осмотр оборудования и приборов для определения их пригодности к работе.

Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. включать установку при наличии неисправностей запрещается.

Во время выполнения задания студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работы.

Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку.

Запрещается работать в лаборатории одному. обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.

Студентам запрещается самостоятельно устранять неисправности лабораторных установок.

Студентам необходимо доложить преподавателю о готовности к выполнению работы. При проведении замеров соблюдать осторожность при работе с деталями и узлами, исключить их падение на пол.

6 Порядок выполнения работы

Коэффициент тяги представляет собой отношение усилия тяги к весу перемещаемых по подвесному пути грузов. Известно, что значение величины коэффициента тяги изменяется в зависимости от конструкции подвесных путей и угла их наклона, но не зависит от веса перемещаемых грузов.

С целью исследования степени влияния различных факторов на коэффициент тяги, используется лабораторная установка с трубчатыми и полосовыми подвесными путями.

Исследования выполняются в диапазоне изменения угла наклона подвесных путей от 0 до 35° и для грузов с весом $G_1 = 5\text{кг}$, $G_2 = 10\text{кг}$, $G_3 = 15\text{кг}$. Величина угла наклона подвесных путей рассчитывается в каждом фиксированном положении по размерам установки. Величины усилий тяги (P , кг), необходимых для перемещения грузов по подвесным путям, измеряются динамометром, а величины коэффициентов тяги (K) рассчитываются аналитически.

$$K = P / (G \times \cos \alpha), \quad (1.1)$$

где P – усилие тяги, Н; G – вес груза, Н; α – угол наклона подвесного пути, град.

Для трубчатых путей при использовании в качестве грузонесущего органа скользящей колодки, коэффициент тяги можно определить по формуле:

$$K = \mu \times \cos \alpha \pm \sin \alpha, \quad (1.2)$$

где μ – коэффициент трения скольжения пары «трубчатый путь – колодка».

Для случая использования в качестве грузонесущего органа ролика коэффициент тяги определяют по формуле:

$$K = (b / D) \cdot (2 \lambda + \mu d) \times \cos \alpha + \sin \alpha, \quad (1.3)$$

где D – диаметр опорной поверхности ролика, м; d – диаметр оси ролика, м; μ – коэффициент трения скольжения в цапфе оси ролика; β – коэффициент, учитывающий прирост сопротивления от скольжения реборд ролика по рельсу; λ – коэффициент трения качения ролика по опорной поверхности.

Полученные результаты измерений и расчётов сводятся в таблицу 1.2 и используются при расчёте привода подвесного конвейера.

Таблица 1.2 – Результаты измерений

Угол наклона, α	Полосовой путь						
	G_1 , кг		G_2 , кг		G_3 , кг		$K_{\text{ср}}$
	Р	К	Р	К	Р	К	
Угол наклона, α	Трубчатый путь						
	G_1 , кг		G_2 , кг		G_3 , кг		$K_{\text{ср}}$
	Р	К	Р	К	Р	К	

По результатам строится график зависимости:

$$K = f(a). \quad (1.4)$$

7 Содержание отчета

Для составления отчета необходимо:

1. Результаты эксперимента представить в таблице 6.1.
2. Построить по полученным данным график зависимости $K = f(a)$.

Отчет оформляется на листах формата А4 и должен содержать следующие разделы: цель и содержание работы; аппаратура и материалы; результаты и их анализ.

8 Контрольные вопросы

1. Какова зависимость коэффициента тяги (K) от угла наклона подвесного пути и величины перемещаемого груза? Запишите формулы расчёта K для случаев применения скользящей колодки и ролика.
2. Каково назначение и устройство каждого элемента подвесных путей и конвейеров? Нарисуйте схемы каркаса основных элементов подвесных конвейеров (подвески рабочего и холостого хода, цепи, сечение направляющих цепи и т.п.).
3. Какова методика расчёта мощности привода подвесного конвейера (методом обхода по контуру)?
4. Для П-образного конвейера расскажите методику расчёта производительности. (Длина рабочей ветви конвейера 25 м, расстояние между тушами КРС – 0,9м).
5. Каковы особенности конструкций элементов подвесных конвейеров для туш КРС и МРС? (Цепей, подвесок, стрелок, звёздочек, приводов, подвесного пути).

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ ШНЕКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОБОРУДОВАНИЯ

1 Цель работы

Изучение конструкций, методики расчета шнековых рабочих органов и влияние их конструктивных параметров на производительность шнекового нагнетателя.

Основные задачи:

1. Изучение устройства шнеков различных конструкций.
2. Определение производительности транспортирующего шнека и одношнекового нагнетателя.
3. Усвоение устройства и принципа действия шнековых прессов и экструдеров.

2 Теоретическая часть

Действительная производительность шнековых и винтовых устройств по пластично-вязкому продукту, работающих с противодавлением определяют по формуле Шенкеля:

$$M_g = \frac{\rho^2 D^2 n h \sin j \cos j}{2} - \frac{\rho D h^2 j}{12 m} \times \frac{(p - p_o) g}{L} - \frac{\rho^2 D^2 d^3 \operatorname{tg} j}{12 m b} \times \frac{(p - p_o) g}{L}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где h – высота витков шнека (нарезки винта), м; D – наружный диаметр витков, м; n – число оборотов вала шнека в секунду; j – угол подъёма винтовой линии (угол наклона развёртки) шнека, град; $j = \arctg(t/\pi D)$; μ – динамическая вязкость продукта, Па·с; L – длина желоба корпуса (длина шнека), м; δ – ширина зазора между желобом и шнеком, м; b – толщина витка шнека (при переменной толщине по среднему радиусу) м; $p - p_o = \Delta p$ – потеря (перепад) давления на рассматриваемой длине шнека, Па.

Эта формула включает три слагаемых: наибольшую возможность производительности шнека, потерю производительности в результате обратного движения массы вдоль

канавки шнека и потерю производительности вследствие возврата массы через кольцевую щель между корпусом и шнеком с учётом её вязкости.

Теоретическую производительность шнекового транспортера для пластично-вязких и сыпучих масс определяют по формуле:

$$M_T = \psi F V_{oc} = \psi \frac{\pi}{4} (R^2 - r^2) \omega \sin j \left(\cos j - f_l \sin j \right), \text{ м}^3/\text{с}$$

коэффициент заполнения межвиткового пространства шнека (для теоретической производительности $\psi=1$); F – площадь живого сечения шнека, м^2 ; V_{oc} – осевая скорость массы, $\text{м}/\text{с}$; R и r – наибольший радиус витков и радиус вала, м ; ω – угловая скорость вращения шнека, с^{-1} ; r_c – средний радиус витков шнека, м ; $r_c = 0.71 \sqrt{R^2 + r^2}$; f – коэффициент трения материала о поверхность шнека.

4 Оборудование и материалы

Оборудование, аппаратура, инструменты и материалы: привод универсальный ПММ-11, набор шнековых рабочих органов, линейка, штангенциркуль, стробоскол, секундомер, весы электронные, нож.

Продукты (в зависимости от варианта): хлеб белый (буханка) 0,8 кг; зерно пшеницы 1 кг; крупа (манная, перловая, кукурузная, ячневая, пшеничная, полтавская, пшено и т.п.) 1 кг.

5 Указания по технике безопасности

1. Доложить преподавателю о готовности к выполнению работы.
2. Подсоедините к приводу корпус мясорубки со шнеком и накидной гайкой (без режущего механизма типа нож-решётка).
3. Перед пуском проверьте наличие заземления, отсутствие посторонних предметов в загрузочном устройстве и шнековой камере.
4. Запустите привод кратковременным включением кнопок ПУСК-СТОП. Удостоверьтесь в правильном направлении вращения шнека (по часовой стрелке, если смотреть со стороны привода).
5. Убедитесь в отсутствии посторонних шумов. При их наличии быстро обесточьте установку и устраните неполадки.
6. Запрещается без разрешения преподавателя и лаборанта самостоятельно включать привод.
7. Категорически запрещается при работающем приводе проводить геометрические измерения, дотрагиваться руками, щупать и т.п. узлы и детали привода.

6 Порядок выполнения работы

Изучите конструкцию универсального привода и сменной к нему насадки – мясорубки. Отвинтите накидную гайку и извлеките ножи и решётки из корпуса насадки. Установите насадку на приводе. Измерьте геометрические размеры шнека: наружный диаметр витков, диаметр вала, шаг витков у вала и на вершине витка, форму и размеры обоих концевиков (концов) шнека.

Установите шнек в насадке, закройте его накидной гайкой. Закрепите собранную насадку на приводе. Сделайте пробный пуск и убедитесь в отсутствии посторонних шумов. Пустите привод. Подставьте пустую ёмкость под разгрузочное отверстие. С помощью стробоскопа определите число оборотов шнека или выясните его у преподавателя. Измельчите ножом хлеб и начните его (или крупы) равномерную подачу в насадку с одновременным включением секундомера. Отметьте на секундомере начало и конец выхода продукта из разгрузочного отверстия. Заполните протокол измерений и наблюдений (таблица 1.1).

Изучите предложенные преподавателем различные конструкции шнеков. Уясните их возможное назначение и способ изготовления. Обратите внимание на чистоту обработки поверхности шнеков, материал. Измерьте все основные геометрические размеры.

Диаметр шнека, Д, м	Средний шаг шнека t, м	Длина шнека, L, м	Толщина витков		Число оборотов шнека, n, об/мин	Время	
			у вала δ_1 , м	на вершине витка δ_2 , м		между подачей продукта и началом выхода, t, с	проталкивания всей дозы продукта к выходному отверстию t, с

Таблица 1.2 – Вид и масса (кг) продукта

№ п/п	Продукт	Вариант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Хлеб	0,8								1,0	
2.	Крупа:										2,0
2.1	Пшеничная		1,0								
2.2	Пшено			1,0							
2.3	Полтавская				1,0						
2.4	перловая					1,5					
2.5	Кукурузная						1,0				
2.6	Ячневая							1,5			
2.7	Манная								1,0		

Обратите внимание, как передаётся со стороны привода не шнеки крутящий момент, на опорные поверхности, места и характер износа шнеков.

Обработка полученных результатов.

Определите угол ϕ шнека. Используя ранее определённое число оборотов шнека вычислите его угловую скорость и средний радиус витков. Рассчитайте производительность шнека по формуле расчёта теоретической производительности для разных значений ψ (таблица 3).

Таблица 3 – Значения коэффициентов заполнения шнека и разности давлений $p-p_0 = \Delta p$

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,5	0,4	0,8	0,7	1,0	0,9	0,55	0,65	0,45	0,75
$\Delta p \cdot 10^{-5}$ Па	5	10	15	25	20	25	30	35	30	45

Рассчитайте фактическую объёмную производительность (M_{ϕ} , м³/с)

$$M_{\phi} = M_{\phi}^I / \rho,$$

где M_{ϕ} – фактическая массовая производительность (определяется экспериментально), кг/с; ρ – плотность массы, кг/м³.

По заданному значению динамической вязкости ($\mu = 1,03 \cdot 10^6$ Па·с) и разности давлений в начале и конце шнека (таблица 3) по формуле Шенкеля определяют действительно производительность шнека по условному пластично-вязкому продукту.

Рассчитайте крутящий момент, а затем и мощность на валу прессующего шнека

$$M_{кр} = 0,13 \times p_{max} z (D^3 - d^3) \operatorname{tg} j_{cp}, \text{ Н·м}$$

где p_{max} – наибольшее давление прессования, Па (принять равным Δp по варианту); d – диаметр вала, м; z – число прессующих витков (1 или 2).

$$N = M_{кр} \times \omega / 1000, \text{ кВт} \quad N = M_{\phi} \times \gamma / 1000, \text{ кВт}$$

Постройте график зависимости $M_{\phi} = f(\gamma)$. Сравните фактическую и экспериментальную и максимально возможную (при $\psi = 1$).

Выполните рабочий чертёж одного из предложенных преподавателем шнеков их элементов, узлов или деталей установки. При необходимости сделайте спецификацию в соответствии с требованиями ЕСКД.

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов

Отчёт по работе выполняется от руки или на компьютере на стандартных листах формата А4 в соответствии с требованиями внутри вузовского стандарта. На титульном листе указывается наименование вуза, кафедры, предмета, номер и наименование занятия, ФИО студента и преподавателя.

Таблица 4 – Справочные величины

Продукт	Коэффициент трения по стали	Насыпная плотность, кг/м ³
1. Дроблёная овсяная	0,92	500
2. Пшено целое/дроблёное	0,47/0,58	500-700
3. Крупа перловая	0,46	
4. Рис	0,44	700-800
5. Гречиха	0,48	540-640
6. Просо	0,44	700-760
7. Тесто (влажность 29,5-31,5%)	0,85	630-700
8. Хлопья овсяные	0,92	300
9. Творог	0,21	1060
10. Фарш мясной	0,23	1100
11. Сухое обезжиренное молоко	0,18	640
12. Пшеница	0,48	700-830

8 Контрольные вопросы

1. Запишите формулу расчётов производительности шнеков прессующих пластично-вязкие продукты. Приведите её анализ.
2. Приведите формулу расчёта транспортирующего шнека. Дайте её анализ (продукт сыпучий, кусковой, пластично-вязкий).
3. Дайте формулу расчёта мощности на привод прессующих шнеков.
4. Как влияют угловая скорость, средний радиус шнека и коэффициент трения продукта на производительность шнека?
5. Выведите размерности производительности и мощности привода шнеков на основе единиц измерения величин, входящих в приведённые здесь формулы (в системе СИ).
6. Опишите (устно или письменно) особенности устройства изученных шнековых рабочих органов. Приведите марки материалов для их изготовления.
7. Приведите известные вам примеры машинно-аппаратурных схем линий производства пищевых продуктов, в которых применяются транспортирующие шнеки, дозирочно-формуемое или иное оборудование со шнековыми рабочими органами (РО).
8. Изобразите схемы и опишите устройство и принцип действия тестомесильных машин со шнековыми рабочими органами (РО), дайте их классификацию.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗУЧЕНИЕ БАРАБАНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОБОРУДОВАНИЯ

1 Цель работы

Приобретение и освоение студентом современных знаний в области технологического оборудования с барабанными рабочими органами (БРО).

Основные задачи:

1. Изучение назначения классификации конструктивных форм и принципа действия БРО для выполнения различных технологических операций.
2. Анализ режимов движения загрузки в барабанах.
3. Определение скорости вращения барабанов при мягких режимах движения загрузки, критической и рабочей скорости – при каскадном режиме.
4. Определение высоты подъёма загрузки при каскадном режиме движения.
5. Расчёт производительности и основных геометрических размеров барабанов.
6. Изучение конструкций бандажей, роликов, схем приводов барабанов и расчёты мощности на привод БРО.
7. Изучение устройства и принципа действия технологического оборудования с БРО.
8. Изучение основных геометрических размеров БРО, устройства, принципа действия и исследования параметров движения барабанов маслоизготовителя периодического действия и тумблера для посола мяса.

3 Теоретическая часть

Длительное массирование прошприцованного бескостного мяса осуществляют в установках с вертикально расположенными мешалками или под вакуумом во вращающихся цилиндрических емкостях (тумблирование).

При посоле с применением шприцевания процесс распределения посолочных веществ протекает в две фазы, из которых первой является шприцевание, второй – последующая механическая обработка прошприцованного продукта. Выдержка продукта в рассоле или вне его является экстенсивным методом посола. Существенное ускорение второй фазы происходит при использовании интенсивных методов механических воздействий, когда проявляется эффект губки. Возникающий при переменном механическом воздействии градиент давлений (напряжений) вызывает в прошприцованном мясе интенсивное перемещение посолочных веществ, происходящее по фильтрационному закону. При небольшом определяющем размере мяса (в пределах 20-30 мм) накопление в нем (впитывание) рассола и равномерное распределение посолочных веществ могут происходить даже в результате механического воздействия без предварительного шприцевания.

Наиболее распространенными методами механической обработки являются тумблирование, массирование, вибрация (в т.ч. с применением вакуума), электромассирование.

Под тумблированием понимают процесс обработки продукта в тумблерах-емкостях (в большинстве случаев цилиндрических) с горизонтальной осью вращения, имеющих выступы (лопасти) на внутренней их поверхности.

Частота вращения емкости (в мин^{-1}) должна быть ниже критической.

$$\omega < \omega_{\text{кр}}, \quad (11.1)$$

где D – диаметр ёмкости, м.

При вращении емкости куски мяса трутся друг о друга, внутреннюю поверхность и выступы, участвуя в сложном планетарном движении. Достигнув верхней точки, они падают высоты, равной диаметру емкости. В результате соударений сырье подвергается механическим деформациям, приводящим к повышению давления (напряжения) в местах контакта. Наблюдаемый эффект сжатия-расширения мышечной ткани, сопровождающийся возникновением переменных внутренних напряжений, обеспечивает интенсивный фильтрационный перенос (перераспределение) рассола. Продолжительность тумблирования может быть различной в зависимости от вида, состояния системы «мясо-рассол», конструктивных особенностей тумблера. В большинстве случаев для кусков мяса небольших размеров (25-30 мм) она составляет 10-40 мин, для

образцов больших размеров в циклическом варианте доходит до 4-6 ч. Частота вращения емкости чаще всего 20-30 м и н $^{-1}$ (при обработке костного сырья 5-7 мин $^{-1}$).

Массирование является разновидностью процесса перемешивания, вследствие чего при отсутствии специального оборудования (массажеров) для массирования иногда применяют лопастные мешалки. Массажер представляет собой емкость, в которую после ее заполнения мясом опускается вертикальный вал с лопастями. Обработка в массажерах протекает менее интенсивно, чем в тумблерах, поскольку отсутствуют ударные воздействия. Поэтому продолжительность массирования значительно больше, чем тумблирования.

Рассол можно вводить либо полностью шприцеванием, либо при значительных количествах добавляемого рассола (выше 20% к массе мяса) частично шприцеванием, а частично (5-7% к массе мяса) в массажер (тумблер). Обработку в массажерах (тумблерах) выполняют непрерывно или циклически. В период механических воздействий происходит фильтрационно-диффузионный перенос посолочных веществ, в период покоя – диффузионный.

Эффект массопереноса при массировании (тумблировании) дополнительно усиливается в связи с возникновением при механических воздействиях микроразрывов в ткани и повышением ее проницаемости.

Механическую обработку костных отрубов, бескостного сырья и крупноизмельченного мяса (толщиной 25-30 мм) осуществляют методами тумблирования, массирования, виброперемешивания (и все перечисленные с применением вакуума, а также в условиях повышенной температуры сырья, рассола и окружающей среды и др.), электромассирования.

4 Оборудование и материалы

Оборудование, инструменты, инвентарь и материалы:

Лабораторный тумблер периодического действия для механической обработки мяса с целью мягчения или посола, секундомер.

Тумблер периодического действия (рисунок 1) предназначен для механической обработки любых видов мышечной ткани убойных животных с целью её мягчения или посола:

- после инъектирования рассола внутрь кусков;
- без инъектирования с обязательным добавлением рассола внутрь барабана;
- способом, комбинирующим первые два;
- без использования рассола.

Механическая обработка ножей проводится как в мягком так и в каскадном режиме [1]. Интенсивность механической обработки (ИМО) зависит от числа оборотов ёмкости, её радиуса, наличия, количества и формы лопастей.

Механическая обработка (тумблирование) осуществляется на экспериментальной установке для тумблирования (рисунок 2.1). Число оборотов барабана, согласно рекомендациям, при котором обеспечивается интенсивное тумблирование для данного диаметра ёмкости и вида обрабатываемого сырья составляло $n = 57$ об/мин.

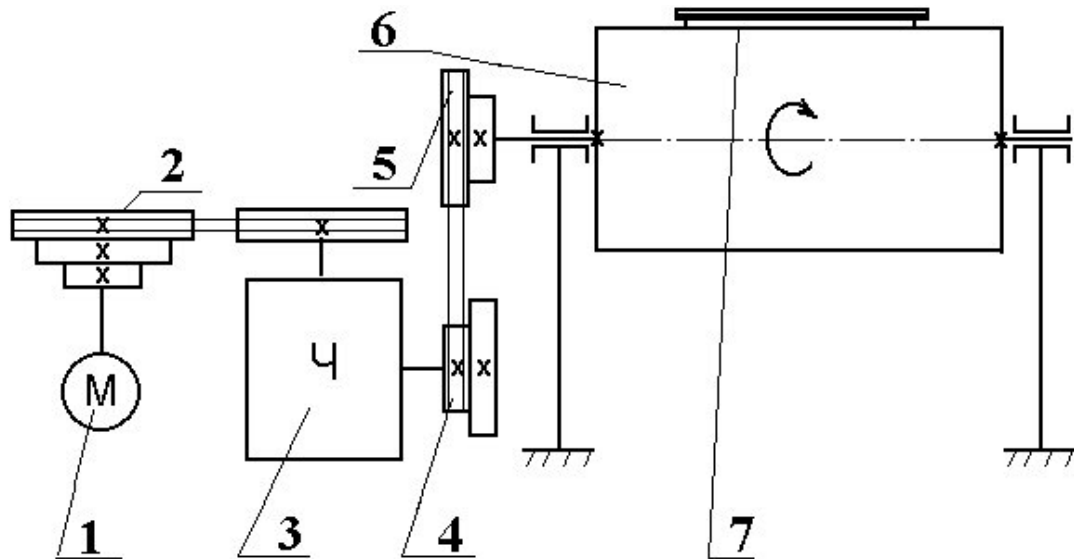


Рисунок 11.1 – Кинематическая схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка для тумбирования (рисунок 2.3) представляет собой барабан, диаметром $D=0,23$ м, длиной $l=0,33$ м, с радиальными полками (длина полок $a=0,06$ м) и горизонтальной осью вращения. На валу электродвигателя 1 расположен трехступенчатый шкив 2, позволяющий, путем переустановки клиноременного ремня, изменять число оборотов на выходном валу червячного редуктора 3. В свою очередь на выходном валу редуктора установлен двухступенчатый шкив 4, соединенный посредством клиноременной передачи с валом 5 барабана установки 6. Применение в конструкции ступенчатых шкивов позволяет варьировать число оборотов тумблера в диапазоне от 36 до 57 об/мин. Загрузка сырья производится через загрузочный люк 7.

Ёмкость должна быть чистой. Установите крышку и прижмите её болтами так, чтобы полость внутри неё была герметичной. Приведите в течение 30...40 с пуск тумблера и убедитесь в нормальной его работе. Не должно быть сильного шума, скрежета, вибрации и т.д., а при их возникновении немедленно отключите тумблер от сети. Найдите и устраните неполадки.

5 Указания по технике безопасности

1. Доложить преподавателю или дежурному лаборанту о готовности к выполнению лабораторной работы
2. Включать установку (в т.ч. вилку в розетку) только после разрешения преподавателя или лаборанта.
3. Запрещается в отсутствие преподавателя и лаборанта студентам самостоятельно включать установку.
4. Категорически запрещается при включённой установке проводить любые действия, связанные с попытками измерить, дотронуться руками, изучать и т.д. любые узлы или детали тумблера.
5. Все измерения (кроме замеров секундомером) проводить только при выключенной установке и только после извлечения вилки из розетки.
6. Перед пуском убедитесь в наличии заземления и в отсутствии посторонних предметов на станине и в ёмкости тумблера.

6 Порядок выполнения работы

1. Измерить параметры барабана (D - внутренний диаметр, м; L - длину барабана, м; n_1 - частоту вращения при сбивании и n_2 - при обработке). Внутренний диаметр определяется по величине наружного периметра с учетом, что толщина стенки барабана составляет 4 мм. Частоту вращения замеряют с помощью секундомера по времени, за которое барабан сделает 10 оборотов.

2. По результатам замеров определяют: угол отрыва продукта $Q = \arccos \frac{w^2 \times D}{2 \times g}$, рад;

- высоту подъема продукта $H = 2 \times D \times \sin Q \times \cos Q$, м;

- критическую скорость вращения барабана $n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}}$, об/мин.;

- коэффициент снижения скорости $K = \frac{n_d}{n_{кр}}$;

- мощность, расходуемую на подъем продукта $N = G \times H \times n / 10^{-3}$,

где G – масса продукта, кг; n – скорость вращения, об/с.

Таблица 11.1 – Число оборотов рабочего органа установки

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8
n	20	25	30	35	40	45	50	55

где $t_1 = \frac{2p - 4Q}{w}$ - время подъема продукта, с; $v_0 = \frac{D}{2} \times w$ - линейная скорость, м/с;

$h = 0.8$ - к. п. д. привода; $h = 0.8$; Q - угол отрыва продукта, рад; w - угловая скорость, рад/с.

Постройте график зависимости изменения мощности на подъем загрузки в зависимости от угловой скорости барабана маслоизготовителя или тумблера для посола мяса.

Проанализируйте полученную графическую зависимость и сделайте статическую обработку данных на компьютере с применением пакета прикладных программ Excel.

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов.

Кроме того, в отчете приводят расчетную схему установки или схемы (рисунки, эскизы) ее элементов, выполненные студентом по заданию преподавателя, таблицы с результатами опытных замеров и наблюдений, необходимые расчеты. Отчёт оформляется на листах формата А4 или в обычных ученических тетрадях.

Оформленные отчёты защищаются в индивидуальном порядке. Защита работы осуществляется на основании ответов на вопросы собеседования в объеме содержания лабораторной работы.

8 Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию барабанных рабочих органов.
2. Назовите основные технологические процессы и операции, выполняемые в пищевых производствах с применением барабанных рабочих органов (БРО).
3. Дайте анализ движения загрузки (пищевых масс) в БРО.
4. Приведите основные конструктивные формы барабанов технологического оборудования и назовите конкретную область их использования.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ И РАСЧЁТ ДРОБИЛКИ ДЛЯ КОСТИ

1-Цель работы

Изучение устройства и принципа действия дробилки для кости периодического действия. Освоение методики расчета производительности и мощности привода.

3 Теоретическая часть

Резание с образованием стружки используют для разрезания (измельчения) костей, туш на полутуши и четвертины, нарезания мясокостных полуфабрикатов, измельчения мороженных мясных блоков. Процесс осуществляют инструментом с гладкой режущей кромкой (резцом).

В общем виде производительность мясорезательных машин (кг/с)

$$M = \varphi F / F_1, \quad (2.1)$$

где φ – коэффициент использования режущей способности ($\varphi < 1$); F – режущая способность механизма, $\text{м}^2/\text{с}$; F_1 – удельная площадь раздела, образующаяся при измельчении 1 кг материала, $\text{м}^2/\text{кг}$.

Если режущий механизм состоит из k групп ножей, содержащих в каждой группе z -одинаковых одновременно работающих ножей, то режущая способность ($\text{м}^2/\text{с}$) такого механизма

$$F = \sum_{i=1}^k f_i z_i n_i, \quad (2.2)$$

где f_i – площадь разреза одним ножом за один ход, м^2 ; n_i – число ходов или оборотов ножа в единицу времени, $1/\text{с}$.

Удельная площадь раздела ($\text{м}^2/\text{кг}$)

$$F_1 = 0,5(z_k \cdot f_k \cdot z_n \cdot f_n), \quad (2.3)$$

где z_n , z_k – число кусочков в 1 кг материала до и после измельчения; f_n , f_k – площадь боковой поверхности кусочков до и после измельчения, м^2 .

4 Оборудование и материалы

Установка КДМ-2М, секундомер, линейка, сырье.

Устройство и принцип действия оборудования.

Костедробилки предназначены для измельчения кости при производстве костного жира и кормовой муки.

Дробилки КДМ-2М состоят из чугунной станины, камеры для кости, механизма дробления и привода.

Механизм дробления кости выполнен в виде толкателя и колеса с резцами. Кость прижимается толкателями к боковой поверхности вращающегося колеса и срезается резцами. Степень дробления кости регулируется по высоте резцов. Колесо с резцами консольно закреплено на валу в зацеплении с приводной шестерней.

От вала дробильного колеса вращение передаётся через эксцентрик, шатун и храповик на приводную гайку, соединённую с винтовым штоком толкателя.

При вращении эксцентрика ходовая гайка также периодически поворачивается на определённый угол, а находящийся с ней в зацеплении шток с толкателем перемещается в продольном направлении. Путём изменения величины эксцентрика производится регулирование скорости подачи кости, а следовательно и производительности дробилки. Ходовая гайка является разъёмной.

После вытеснения кости из камеры и разъёма гайки специальной рукояткой, толкатель вручную возвращается в исходное положение. Частота вращения электродвигателя – 760 об/мин., а передаточное число редуктора – 4.

5 Указания по технике безопасности

1. Пройти инструктаж по технике безопасности работы на установке. 2. Перед включением установки проверить наличие заземления. 3. Категорически запрещается

включать установку в отсутствии преподавателя и при снятых кожухах ограждений. 4. При возникновении посторонних шумов или скрежета необходимо немедленно обесточить установку.

6 Порядок выполнения работы

1. При выключенной установке измерить размеры камеры для кости, радиус колеса от оси вращения до центра сечения камеры, длину и высоту резцов, определить их количество, определить число зубьев на колесе с резцами и шестерне.

2. При включенной установке замерить скорость хода толкателя и число оборотов колеса с резцами.

3. Провести необходимые расчеты:

Производительность костедробилки (M , кг/ч) рассчитывается по формуле:

$$M = 60 \cdot \alpha \cdot V \cdot \rho / T_{\text{ц}}, \quad (2.4)$$

где $\alpha = 0,6$ – коэффициент загрузки кости в камеру; V – объем камеры, рассчитываемый по её геометрическим размерам, м^3 ; $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ – насыпная масса кости; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла дробилки, мин.

Продолжительность рабочего цикла дробилки складывается из двух составляющих:

$$T = t_z + t_d, \quad (2.5)$$

где t_z – продолжительность загрузки кости в камеру, принимаемая равной продолжительности дробления, мин.; t_d – продолжительность дробления кости в камере, мин.

В продолжительность загрузки кости в камеру включается время возврата толкателя в исходное положение, после окончания дробления кости.

Продолжительность дробления кости рассчитывается по формуле:

$$\tau_d = L / V_t, \quad (2.6)$$

где L – длина камеры для кости, м; V_t – скорость движения толкателя, м/мин.

Скорость движения толкателя рассчитывается по формуле (м/с):

$$V_t = j \cdot \varphi \cdot z \cdot h, \quad (2.7)$$

где $\varphi = 0,1$ – коэффициент дробления кости; z – количество сдвоенных резцов; n – частота вращения колеса с резцами, рассчитываемая по кинематической схеме дробилки, (5-10 об/мин); h – высота резцов, выбираемая по номеру варианта задания, м.

Усилие дробления кости (P , Н) рассчитывается по формуле:

$$P = d \cdot l \cdot h, \quad (2.8)$$

где $d = 1,2 \text{ Н/мм}^2$ – предел прочности кости при скалывании; l – длина сдвоенных резцов, мм; h – глубина разрушения кости резцами, принимаемая равной высоте резцов, мм, таблица 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные по вариантам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8
Высота резцов, мм	2,6	3,2	2,9	3	2,4	3,1	2,8	3,3
Варианты	9	10	11	12	13	14	15	16
Высота резцов, мм	2,1	2,7	3,4	2	3,6	2,2	2,5	3,0

Скорость движения резцов (N , м/с) рассчитывается по окружной скорости колеса: $v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n / 60$, (2.9)

где R – радиус колеса от оси вращения до центра сечения камеры; n – частота вращения колеса с резцами, мин^{-1} .

Отсюда по усилию дробления кости и скорости движения резцов рассчитывается мощность привода дробилки (кВт):

$$N_{\text{эд}} = P_p \cdot v_p \cdot \eta_a / 1000 \cdot \eta. \quad (2.10)$$

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов.

8 Контрольные вопросы

1. Приведите схемы или по предложенным преподавателем рисункам приведите марки и наименование оборудования и его рабочих органов особенности конструкций, запишите наименование указанных на рисунке позиций, опишите (устно или письменно) устройство и принцип действия дробилок КДМ-2М и ДМ, силовых измельчителей Ж9-ФИС, К7-ФИ2-С, конструкции ВНИИМПа, измельчителя мясокостного сырья с серповидными режущими витками, волчка-дробилки В2-ФДБ и «Palmia-400А» (Швеция), измельчителя мясокостного сырья (ВМТИММПа), машины для измельчения замороженных блоков мяса Б9-ФДМ, режущего механизма машины GFS-620 (фирмы Laska, Австрия).
2. Приведите краткие технические характеристики, указанного в п. 1 оборудования.
3. Укажите особенности процесса измельчения (степень измельчения, качество, рациональную температуру сырья, преимущества и недостатки оборудования).
4. Опишите методику расчёта костедробилки КДМ-2М.
5. Приведите краткую классификацию дробилок и измельчителей.
6. Дайте анализ основных конструктивных особенностей волчка-дробилки В2-ФДБ и волчка К6-ФВП-160.
7. Нарисуйте типичные схемы конструкций подвижных и не подвижных ножей силовых измельчителей.
8. Приведите методику расчёта силовых измельчителей.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА МОЩНОСТИ И РАСЧЁТ ВОЛЧКА

1 Цель работы

Изучение устройства и принципа действия волчков. Освоение методики расчета производительности и мощности привода.

3 Теоретическое часть

Теоретическую производительность M_m определяют двояко:

- исходя из режущей способности механизма нож-решётка [8, стр. 182-183; 2, стр. 304-305];
- по пропускной способности рабочего шнека;
- по пропускной способности решётки по формуле:

$$M_m = F_0 \cdot n_0 \cdot \beta \cdot K_s, \quad (3.2)$$

где F_0 - суммарная площадь отверстий в первой решётке, ближайшей к шнеку, m^2 :
 $F_0 = p \cdot d_0 \cdot Z_0 / 4,$ (3.3)

где d_0 - диаметр отверстия, м; Z_0 - количество отверстий в решётке, шт.; v_0 - скорость продвижения продукта через отверстия решётки, м/с:

$$n_0 = p \cdot \beta \cdot (r_n + r_s) \cdot \tan \alpha \cdot K_s / 60, \quad (3.4)$$

где p - частота вращения шнека, min^{-1} ; r_n , r_s - наружный и верхний радиус шнека, м; β -

угол подъёма последнего витка, град.; K_b – коэффициент проворачивания сыра относительно шнека ($K_b=0,35-0,4$); ρ – плотность сыра, кг/м³; ϕ – коэффициент использования площади отверстий первой ножевой решётки:

$$j = F_n / F_0, \quad (3.5)$$

где F_n – суммарная площадь отверстий решётки, через которые проходит сыр, м²:

$$F_n = \rho \cdot d_0^2 \cdot Z_n / 4, \quad (3.6)$$

где Z_n – количество отверстий.

Далее определяют отношение длины рабочей камеры L_k от края загрузочного отверстия в корпусе мясорубки до плоскости установки подрезной решётки к внутреннему диаметру камеры D_k

$$K = L_k / D_k. \quad (3.7)$$

Углы подъёма первого и последнего витков для наружного и внутреннего диаметров шнека определяют по формулам:

$$\text{tg} b = t / (p \cdot d); b = \arctg[t / (p \cdot d)], \quad (3.8)$$

где t – шаг винтовой нарезки, м; d – соответствующий диаметр шнека, м.

Коэффициент уплотнения K_y определяют по формуле:

$$K_y = t_1 / t_n, \quad (3.9)$$

где t_1 t_n – шаг первого и последнего витков, м.

Площадь ножевой решётки F_p определяют по формуле:

$$F_p = \rho \cdot d_p^2 / 4, \quad (3.10)$$

где d – диаметр решётки, м.

Тогда коэффициент использования решётки K_p будет равен:

$$K_p = F_0 / F_p. \quad (3.11)$$

Площадь подрезной решётки $F_{пр}$ равна площади ножевой решётки F_p .

Площадь отверстий в подрезной решётке F_{01} определяют по формуле:

$$F_{01} = \rho \cdot (r_{\max}^2 - r_{\min}^2) \cdot 3 \cdot l, \quad (3.12)$$

где $r_{\max}$ $r_{\min}$ – наружный и внутренний радиусы отверстий подрезной решётки, м; b – ширина перемычки подрезной решётки, м; l – длина лезвия подрезной решётки, м.

Тогда коэффициент использования площади подрезной решётки $K_{пр}$ будет равен:

$$K_{пр} = F_{01} / F_p. \quad (3.13)$$

После этого сопоставляют K_p и $K_{пр}$.

Полезную мощность определяют по формуле:

$$N_{\text{пол}} = N_{\text{общ}} - N_{\text{эл}}, \quad (3.14)$$

где $N_{\text{общ}}$ – мощность электродвигателя при работе машины под нагрузкой, Вт; $N_{\text{эл}}$ – мощность электродвигателя при работе на холостом ходу, Вт.

Основным показателем, определяющим работу волчков (мясорубок), является удельный расход энергии P на измельчение 1 кг сыра.

Для определения теоретической мощности необходимо определить давление продукта за последним витком шнека:

$$P_1 = 4 \cdot \Phi_0 / (p \cdot d_p^2), \quad (3.15)$$

где P_0 – осевое усилие за последним витком, Н.

Теоретическую мощность N_T можно определить по общей формуле:

$$N_T = (N_1 + N_2 + N_3) / h, \quad (3.16)$$

где N_1 – мощность, необходимая для резания продукта или сыра в режущем механизме, Вт.

Для режущего комплекса с подрезной решёткой, двумя двухсторонними ножами, промежуточной и выходной решёткой:

$$N_1 = F_p \cdot (K + 2K_{p1} + K_{p2}) \cdot a \cdot \phi / 60 \text{ Equation.3}, \quad (3.17)$$

где K_{p1} , K_{p2} – коэффициенты использования площади решёток, соответственно с крупными и мелкими отверстиями; a – удельный расход энергии на перерезание сыра (для

мяса $a=(2,5-3,5) \cdot 10^3$ Дж/м²; z – количество лезвий одного ножа, шт; N_2 – мощность на трения в режущем механизме, Вт;

$$N_2 = P_3 \cdot (r_{\max} + r_{\min}) \cdot f_1 \cdot \varphi \cdot z / 60, \quad (3.18)$$

где P_3 – усилие затяжки режущего механизма, Н (задаётся преподавателем или устанавливается с помощью измерительного устройства).

Кроме того, P_3 можно определить по формуле:

$$P_3 = P' \cdot v \cdot (r_{\max} - r_{\min}), \quad (3.19)$$

где P' – усреднённое удельное давление на поверхность стыка и решёток ($P'=(2-3) \cdot 10^6$ Па); v – ширина площади контакта лезвия ножа и решётки; $r_{\max}$, $r_{\min}$ – наружный и внутренний радиусы вращающегося ножа, м; f_1 – коэффициент трения скольжения ножа по решётке в присутствии измельчаемого продукта (f_1); φ – количество плоскостей резания; N_3 – мощность, необходимая для преодоления трения сырья о поверхность шнека и на продвижение сырья от загрузочного устройства до режущего инструмента, Вт;

$$N_3 = (p^2 \cdot z / 90) \cdot P_1 (r_n^3 - r_{\min}^3) \cdot m_1 \cdot K_g \cdot g(b + r / \cos \beta_{cp})_1 \quad (3.21)$$

где P_1 – давление за последним витком шнека, ($P_1=(3,0-5,0) \cdot 10^5$ Па); f – коэффициент трения продукта о шнек ($f=0,3-0,5$); m_1 – количество витков шнека, шт; β_{cp} – средний угол подъёма витков шнека, который зависит от среднего шага витков шнека t_{cp} и среднего диаметра d_{cp} ; ρ_1 – угол трения (~16-22, град.); η_1 – к.п.д. передаточного механизма (0,7-0,85).

4 Оборудование и материалы

Привод универсальный со съёмной мясорубкой, секундомер, линейка, сырьё.

5 Указания по технике безопасности

1. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе с приводом. 2. Перед включением установки проверить наличие заземления. 3. Категорически запрещается включать установку в отсутствии преподавателя и при снятых кожухах ограждений. 4. При возникновении посторонних шумов или скрежета необходимо немедленно обесточить установку.

6 Порядок выполнения работы

Студенту необходимо изучить конструкции волчков по литературе. Далее следует изучить возможные конструктивные схемы волчков. Рекомендации по выбору формы и длины рабочих шнеков приведены в литературе. Форма ножей и решёток, их геометрические характеристики, частота вращения, материалы для их изготовления приведены в литературе.

Затем студент приступает к изучению устройства и принципа действия мясорубки, находящейся в лаборатории. Для этого необходимо отвинтить гайку, снять ножи, решётку, рабочий шнек и провести необходимые измерения их геометрических размеров (диаметр шнека, вала, шаг, длина и др.).

Составляют кинематическую схему привода и приступают к определению основных геометрических размеров: рабочего цилиндра (заходности винтовых рёбер, внутреннего диаметра рабочей камеры, её длины), шнека (заходности, наружного, среднего и внутреннего диаметров первого и последнего витков, их шага), ножей и решёток (внутреннего и наружного радиуса отверстий подрезной решётки, длины и ширины лезвия вращающихся ножей; диаметра решёток и отверстий в них, шага между отверстиями).

К проведению экспериментальной части работы приступают с разрешения преподавателя. Определяют коэффициенты K_p , $K_{вр}$, K_y , K .

Преподаватель указывает вид продукта, набор режущего комплекта, усилие начальной затяжки.

Мясорубку собирают, устанавливают в корпусе, включают электродвигатель и по показаниям приборов амперметра и вольтметра записывают значение силы тока и напряжение на холостом ходу. Затем отключают электродвигатель и сильно затягивают

гайку режущего комплекта. Повторно включают электродвигатель и замеряют значение силы тока и напряжение.

Затем в загрузочную горловину подают продукт (например, картофель) и снимают показания приборов. Отключают электродвигатель, ослабляют затяжку гайки режущего комплекта и, затем, при включённом электродвигателе снимают показания приборов. В процессе измельчения регистрируют отклонения (всплески) стрелок на индикаторах. По секундомеру измеряют время измельчения.

После окончания опыта детали режущего комплекта и рабочую камеру тщательно очищают от остатков продукта, моют и просушивают.

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов.

8 Контрольные вопросы

1. Дайте анализ преимуществ и недостатков конструкций волчков. Приведите технологические требования к ним.
2. Нарисуйте основные известные конструктивные схемы волчков, отличающиеся взаимным расположением в пространстве шнековых рабочих органов.
3. Какие известны рекомендации по выбору формы и длины рабочих шнеков волчков.
4. Приведите основные известные формы простых и составных призматических ножей для измельчения и жиловки мяса, формы решёток, основных их элементов, размеры и параметры.
5. Расскажите типовые способы изготовления ножей и решёток.
6. Дайте анализ преимуществ и недостатков сталей, применяемых для изготовления ножей и решёток.
7. Приведите основные марки современных отечественных и зарубежных волчков. Каковы их отличия в компоновке функциональных схем и кинематических схем привода?
8. Приведите особенности конструктивного устройства и преимущества использования волчков-жиловщиков фирмы «Seydelmann» (Германия), «Laska» (Австрия), «Kramer-Grebe» (Германия).
9. Напишите формулы расчёта производительности волчков исходя из: а) режущей способности механизма типа нож-решётка; б) пропускной способности шнека.
10. Приведите формулы для расчёта общей мощности электродвигателя привода волчков.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИЗУЧЕНИЕ И РАСЧЁТ ФАРШЕМЕШАЛКИ

1 Цель работы

Изучение особенностей конструктивного устройства фаршемешалок. Освоение методики расчета производительности и мощности привода.

3 Теоретическая часть

Фаршемешалки предназначены для перемешивания мясного фарша с различными

компонентами, а также для вымешивания фарша до требуемой консистенции при производстве колбасных изделий и фаршевых консервов.

Производительность фаршемешалки (M , кг/ч) рассчитывается по формуле:

$$M = 60 \alpha V \rho / (t_z + t_n + t_v), \quad (4.1)$$

где $\alpha = 0,5 \dots 0,7$ – коэффициент использования ёмкости дежи фаршемешалки; V – расчётный объём дежи фаршемешалки, m^3 ; $\rho = 1000 \dots 1100$ кг/ m^3 – плотность фарша; t_z , $t_v = 1 \dots 2$ мин – продолжительность загрузки и выгрузки фарша; $t_n = 8 \dots 12$ мин – продолжительность перемешивания фарша.

Расчёт объёма дежи приведите полностью, используя лекции.

Мощность приводы месильных лопастей (N , кВт) рассчитывается по формуле:

$$N = P (n_1 + n_2) / 1000, \quad (4.2)$$

где P – усилие, затрачиваемое на привод лопастей, равное сопротивлению перемешиваемого фарша, Н; v – окружная скорость лопастей, м/с.

Сопротивление перемешиваемого фарша (S , Н), в пределах скоростей движения лопасти от 0,3 до 1,3 м/с, рассчитывается по формуле:

$$P = (d_0 + \alpha n) F, \quad (4.3)$$

где d_0 – начальное сопротивление сдвига фарша, отнесённое к единице площади лопасти, Н/м; α – коэффициент, характеризующий вид фарша, Н·с/м³; F – поверхность лопастей, рассчитываемая по их геометрическим размерам, м².

Окружная скорость вращения лопастей рассчитывается по формуле:

$$n = \pi D \omega / 60, \quad (4.4)$$

где D – диаметр лопастей, м; n – частота вращения лопастей, мин⁻¹.

4 Оборудование и материалы

Фаршемешалка ФММ-150, секундомер, измерительная линейка.

Устройство и принцип действия оборудования.

Фаршемешалка состоит из чугунной станины, дежи с решётчатой крышкой, валов с лопастями, привода лопастей и привода откидывания дежи.

Перемешивание фарша производится встречно вращающимися лопастями. После окончания перемешивания фарш выгружается из дежи путём её опрокидывания. Нижнее и верхнее положение дежи ограничивается конечным выключателем, заблокированным с электродвигателем привода дежи. Второй конечный выключатель, также установленный на решётчатой крышке дежи фаршемешалки, заблокирован с электродвигателем привода месильных лопастей.

Передаточное отношение зубчатой передачи $u=1,3$. Привод опрокидывателя дежи состоит из электродвигателя, червячного редуктора с передаточным отношением $u=39$ и открытой червячной пары с передаточным отношением $u=69$

5 Указания по технике безопасности

1. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе с фаршемешалкой. 2. Перед включением установки проверить наличие заземления. 3. Категорически запрещается включать фаршемешалку в отсутствии преподавателя и при снятых кожухах заграждений. 4. При возникновении посторонних шумов или скрежета необходимо немедленно обесточить установку.

6 Порядок выполнения работы

При изучении фаршемешалки эскизируется её внешний вид, дежа и лопасти, а

также составляется кинематическая схема. На внешнем виде указываются габаритные размеры фаршемешалки.

На эскизах дежи и лопасти указываются все конструктивные размеры. По габаритам и форме рассчитывается ёмкость дежи фаршемешалки.

Кинематические схемы составляются на приводы месильных лопастей и опрокидывания дежи. Частота вращения электродвигателя привода лопастей $n_{л}=960 \text{ мин}^{-1}$ и опрокидывания дежи $n_{оп}=1440 \text{ мин}^{-1}$.

Передаточное отношение клиноремённой передачи рассчитывается по геометрическим размерам шкивов. С помощью кинематической схемы рассчитывается частота вращения месильных лопастей фаршемешалки.

Диаметр лопастей измеряется по расстоянию, равному $2/3$ их высоты, а частота n рассчитывается по кинематической схеме.

Начальное сопротивление сдвига фарша и коэффициент, характеризующий вид фарша, выбирается по вариантам (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Исходные данные по вариантам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8
$\delta_0, \text{кН/м}^2$	4	8	16	7	5	13	3	12
$\alpha, \text{кН}\cdot\text{с/м}^3$	5	6	12	7	4	8	5	6
Варианты	9	10	11	12	13	14	15	16
$\delta_0, \text{кН/м}^2$	6	10	15	9	11	14	17	14
$\alpha, \text{кН}\cdot\text{с/м}^3$	12	7	4	8	5	6	12	12

Анализ особенностей конструкций машин для вымешивания фарша, основных показателей их технических характеристик приводят по литературе [1-4, 6].

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов.

8 Контрольные вопросы

1. Дайте определение процесса перемешивания. Каково его назначение?
2. Перечислите известные вам способы перемешивания. Какие из них используют в качестве основного процесса в мясной промышленности?
3. Приведите краткую классификацию фаршемешалок и их рабочих органов.
4. Назовите марки современных фаршемешалок и опишите их основные конструктивные особенности.
5. Приведите марки и схемы современных фаршесмесителей.
6. Изобразите схему вакуумного вибросмесителя Я2-ФФД. Приведите параметры его режимов работы.
7. Опишите методику расчёта производительности и основных геометрических размеров дежи фаршемешалок и фаршесмесителей.
8. Дайте расчёт мощности электропривода вращения лопастей и поворота дежи фаршемешалок с опрокидывающейся дежой.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ КУТТЕРА»

1 Цель работы

Изучение особенностей конструктивного устройства и принципа действия куттера. Освоение методики расчета производительности, мощности привода и правил рациональной эксплуатации.

3 Теоретическая часть

Куттеры – от английского слова «cutter» - режущие машины, измельчители. Они относятся к машинам для тонкого измельчения мясного фарша. В них измельчают не только измельчённое на волчках, но и крупнокусковое замороженное бескостное мясное сырьё (предварительно и окончательно) и смешивают его с другими компонентами. Приготовленные фарши применяют при производстве котлет, пельменей, пирожков, колбас и других продуктов.

Куттерование является интенсивным механическим процессом с изменением физико-механических химических свойств мясного сырья.

При куттеровании 80-85 % энергии идет на преодоление силы трения боковой поверхности ножа об измельчаемое сырьё, остальное – на резание.

Особенностью процесса куттерования мясного фарша является добавление влаги в фарш, с целью изменения его структурно-механических характеристик.

В целом процесс куттерования делится на три характерных периода (рисунок 3.1): 1 – механическое перемешивание влаги с фаршем; 2 – переход влаги из механически связанной в поверхностно связанную (белки мышечной ткани захватывают молекулы воды); 3 – размолачивание структуры, влага переходит в механически связанную.

Оптимальное время куттерования при максимальной липкости и напряжении сдвига определяют как:

$$\omega_{\text{с}} = \exp(1,2M_{\text{гов}} + 0,28),$$

где $\omega_{\text{с}}$ Equation.3 – эталонное содержание влаги в фарше;

$M_{\text{гов}}$ – содержание говядины в 1кг исходного сырья.

Рисунок 3.1 –
Изменение
липкости и
предельного
напряжения
сдвига фарша от
времени
куттерования



$$t_{\text{опт}} = k \times \exp(0,25M_{\text{гов}} + 0,46) \times 10^5 \text{ W}^{-1}$$

где W – обобщённая кинематическая характеристика куттера; k – коэффициент пропорциональности.

$$k = k_{\text{гов}} \times n_{\text{гов}} + k_{\text{св}} \times n_{\text{св}}$$

где $k_{\text{гов}} = 1$ – для говядины 2 сорта; $k_{\text{св}} = 1$ – для свинины полужирной; $k_{\text{гов}} = 0,95$ – для говядины 1 сорта; $k_{\text{св}} = 0,95$ – для свинины жирной; $k_{\text{гов}} = 0,9$ – для говядины высшего сорта; $k_{\text{св}} = 0,9$ – для свинины жира сырца.

$$W = \frac{a_f \times \frac{\pi}{60r} \times \frac{\pi}{2} \times n_i}{\frac{\pi}{2} \times R \times \frac{\pi}{2} \times n_i}$$

где a_f – коэффициент, равный $0,92 \div 0,98$, учитывающий площадь сечения ножом фарша за 1 оборот, при зазоре $h = 5\text{мм}$; z – число ножей; r – плотность фарша; r_n Equation.3 – максимальный радиус ножей.

При куттеровании фарша на ножах куттера образуется довольно прочная микроплёнка мелкодисперсного вещества (частицы мяса, соединительной ткани, жира и воды). Плёнка является причиной удерживания фарша на поверхности, что способствует смещению слоёв фарша относительно друг друга, а не скольжению его по поверхности ножа.

Возникновение плёнки фарша обусловлено проскальзыванием крупных частиц вдоль поверхности и сцеплением с ней мелких. Таким образом, появляется ламинарный подслои.

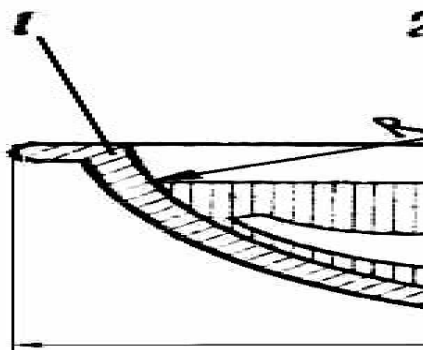


Рисунок 3.2 – Схема режущего механизма проектируемого куттера: 1 – приёмная чаша; 2 – приводной вал; 3 – серповидный нож; 4 – гребёнка

В начальный период куттерования мясного фарша влага находится в свободном состоянии, поэтому структурно-механические свойства смеси сравнимы с характеристиками воды; поверхностное натяжение уменьшается, приближаясь к поверхностному натяжению жидкости. Причём коэффициент поверхностного натяжения не зависит от материала ножа. Взаимодействие между поверхностью ножа и смесью характеризует коэффициент внешнего трения, определяющий поведение продукта на границе нож-фарш.

В первый, основной, период куттерования происходит переход влаги из свободного состояния в поверхностно-связанную. На поверхности ножа образуется плёнка фарша, представляющая собой вводно-белковый слой. Белковые молекулы, входящие в состав данного слоя, связывают между собой частицы мяса и материала ножа.

Главной причиной увеличения взаимопротяжения заключается в следующем. При высоте выступов шероховатости 0,1 мм касание частиц и поверхности материала приводит к возникновению жидкостных частей с радиусом кривизны 0,05 мкм, что вызывает появление сил избыточного давления сближения.

В этот период силовое взаимодействие ножа и фарша, а точнее плёнки фарша на поверхности ножа с продуктом, характеризуется напряжением сдвига, обусловленным появлением сил вязкого сопротивления.

Второй период, продолжение процесса куттерования, ведёт к обратному освобождению влаги. Предельное напряжение сдвига уменьшается. Картина взаимодействия ножа с продуктом напоминает начальный период.

Так как силы взаимодействия слоёв фарша гораздо больше сил приминания продукта к поверхности ножа, то наиболее тяжёлый режим работы куттера будет в основной период измельчения. При этом в качестве расчётного параметра принимается предельное напряжение сдвига слоёв фарша относительно друг друга. Схема взаимодействия представлена на рисунке 4.

Выгружают фарш из куттеров периодического действия вручную или при помощи разгрузочных дисков через борт, реже центральное отверстие в чаше, а также опрокидыванием чаши.

На процесс измельчения мяса и мясных продуктов влияют следующие факторы: структура и физико-механические свойства продукта, конструктивные и геометрические параметры режущего инструмента и режим измельчения, техническое исполнение и состояние машин-измельчителей и точность их настройки. Вид продукта характеризуется определенной структурой и определяет выбор измельчающего оборудования. Физико-механические свойства продукта влияют на характер его разрушения в зоне напряженного состояния около режущей кромки. Конструктивные и геометрические параметры инструмента, кинематические и динамические характеристики процесса и машины сказываются на степени измельчения, качестве и свойствах готовой продукции, чистоте поверхности среза, определяют расход энергии на трение и пластические деформации.

Факторы, влияющие на измельчение, изучались рядом отечественных исследователей. Их учитывают при расчете и проектировании машин и механизмов, совершенствовании и интенсификации технологических процессов.

При измельчении сырья в куттере процесс ведется в открытой чаше или под вакуумом. В первом случае возможна некоторая аэрация фарша вследствие перемешивания к измельченному мясу и жиру большого количества воздуха, что создает благоприятные условия для протекания окислительных процессов.

Куттерование под вакуумом позволяет получить фарш и готовые изделия более высокого качества за счет улучшения их цвета, вкуса и исключения образования крупных пор и воздушных пустот. Изделия, выработанные под вакуумом, более длительно сохраняют вкус и запах. Это объясняется тем, что вакуумная среда предупреждает быстрые окислительные реакции в жире.

Вакуумирование приводит также к уплотнению фарша. Гистологические исследования показали, что в образцах колбасы, выработанной при использовании вакуума, содержится меньше пор и воздушных пустот и более плотная компоновка мелкозернистой массы. Глубину вакуума следует выбирать в соответствии с сортностью обрабатываемого мяса и рецептурой фарша. При обработке мяса, плохо связывающего воду, или при рецептуре с повышенным содержанием влаги рекомендуется более глубокий вакуум, чем при обработке мяса, хорошо связывающего воду. Применение вакуума существенно сокращает энергетические затраты на куттерование.

С увеличением скорости резания: повышается вязкость фарша; повышается влияние формы ножей на затраты энергии и структурно – механические показатели фарша и готового продукта.

Вязкость фарша куттерованного, например, 2 мин с частотой 3000 мин^{-1} достигает наибольшего значения 636 Па·с. При куттеровании в куттеры добавляют до 30 % ледяной воды или чешуйчатого льда.

Расчет производительности куттера.

Производительность куттера рассчитывают по формуле:

$$Q = \frac{m}{t_3 + t_o + t_b}, \quad (12.1)$$

где m – масса 1 порции продукта, загружаемая в рабочую камеру, кг.

$$m = V_0 \rho_j, \quad \text{кг} \quad (12.2)$$

где V_0 – объем рабочей камеры, м^3 , ρ – коэффициент заполнения камеры (выбрать по варианту), ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5
ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	1100	1150	1050	1080	1100	1150	1050	1130	1070	1160
V_0 , л	3	4	5	6	6	4	5	3	7	8
R , м	0,15	0,17	0,2	0,22	0,25	0,15	0,17	0,2	0,25	0,3
S , м^2	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
b , град	50	55	57	52	53	50	55	57	52	53
l_n , м	0,1	0,12	0,15	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11	0,17	0,16
r_{cp} , м	0,1	0,12	0,15	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11	0,17	0,16

№варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
φ	0,5	0,7	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5
ρ , кг/м ³	1100	1150	1050	1080	1100	1150	1050	1130	1070	1160
V_0 , л	5	4	3	6	6	4	5	3	7	8
R , м	0,2	0,16	0,15	0,25	0,3	0,15	0,17	0,2	0,25	0,3
S , м ²	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
b , град	50	55	57	52	53	50	55	57	52	53
l_n м	0,11	0,11	0,14	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11	0,17	0,16
r_{cp} , м	0,1	0,12	0,15	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11	0,17	0,16

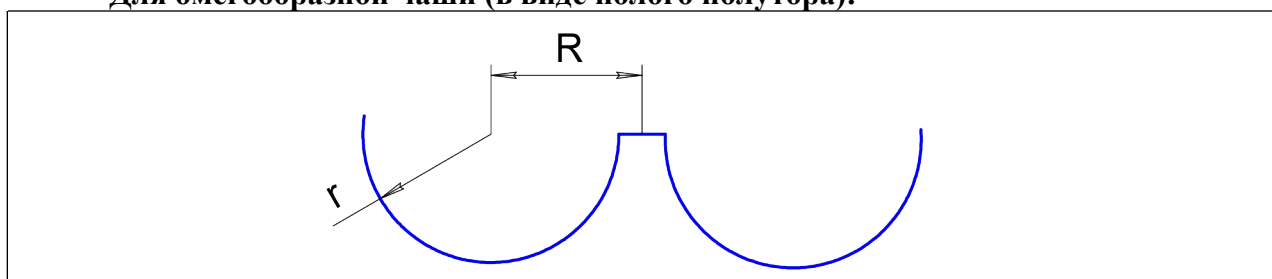
Для цилиндрической рабочей камеры:

$$V_0 = \frac{\pi D^2}{4} H, \quad (12.3)$$

где D – диаметр рабочей камеры, $D = 0,3$ м;

H – высота рабочей камеры, $H = 0,4$ м.

Для омегаобразной чаши (в виде полого полутора):



$$V_0 = 2\pi R S,$$

где R – расстояние центра сегмента чаши до оси ее вращения, R (принять по варианту);

S – площадь сегмента, м²;

j – коэффициент заполнения рабочей камеры продуктом ($j = 0,3 \dots 0,5$);

t_z , t_o , t_g – продолжительность соответственно загрузки, обработки и выгрузки 1 порции продукта, 30 с; 180 с и 30 с.

Расчет мощности электродвигателя куттера

Мощность электродвигателя куттера рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (12.4)$$

где $N_{\text{Equation.3}}$ – мощность, необходимая на разрезание продукта ножами, Вт.

$$N_1 = q_b l_n \cos b Z_n w_n r_{cp} = q_b (r_{\max} - r_{\min}) Z_n w_n r_{cp}, \quad (12.5)$$

где q_b – удельное сопротивление продукта резанию ($q_{\text{Equation.3}} = 700 \dots 900$), Н/м;

b – угол скольжения, град (принять по варианту);

l_n – длина режущей кромки лезвия ножа (**принять по варианту**, для ножей, выполненных по логарифмической спирали ($l_n \cos b_{\text{Equation.3}}$) принимают равной $r_{\max} - r_{\min}$)

Z_n – количество ножей, шт. (выбрать по варианту):

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z_n	2	3	5	5	2	3	5	5	2	3
n	10 00	12 00	13 00	14 00	15 00	10 00	12 00	13 00	14 00	15 00

№варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Z_n	5	2	3	4	2	3	5	5	2	3
n	11 00	12 00	12 00	14 00	15 00	10 00	12 00	13 00	14 00	15 00

w_n – угловая скорость вращения ножей, рад/с.

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

где n – частота вращения ножей, об/мин или мин.⁻¹ (выбрать по варианту);

r_{cp} – средний радиус ножей, м.

где $r_{\max} = 0,15$ м и $r_{\min} = 0,03$ м – соответственно максимальный и минимальный радиусы ножа, м;

η – КПД передач привода ножей, 0,7;

N_2 – мощность, необходимая на преодоление трения продукта о поверхность ножей, Вт.

$$N_2 = M_{tr} w_n, \quad (12.6)$$

где M_{tr} – момент сопротивления вращению ножей, возникающий в результате их трения о продукт, Н·м.

$$M_{tr} = Tr_{cp} = mgf_{cp} j_n, \quad (12.7)$$

где T – сила трения между продуктом и поверхностью ножей, Н.

$$T = mgf j_n, \quad (12.8)$$

где m – масса продукта над ножами, кг – определяется по формуле (12.2);

f – коэффициент трения между продуктом и поверхностью ножей ($f = 0,4 \dots 0,6$);

j_n – коэффициент использования сечения рабочей камеры.

$$j_n = \frac{F_n}{F_0}, \quad (12.9)$$

где F_n – площадь ножей, м² (определить по количеству ножей, площадь одного ножа 0,0002 м²);

F_0 – площадь сечения рабочей камеры (выбрать по варианту).

j_n зависит от количества ножей и их геометрических размеров, ($j_n = 0,3 \dots 0,5$).

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_0	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007	0,005

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F_0	0,006	0,005	0,004	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007

4 Оборудование и материалы

Куттер, секундомер, измерительный инструмент.

Устройство и принцип действия оборудования.

Особенности конструкций куттеров.

Куттер (рисунок 12.3) предназначен для окончательного измельчения мяса и замороженных блоков размером 190x190x75 мм при температуре сырья не ниже минус 8° С. Куттер включает станину, чашу, измельчающий механизм, выгрузатель, защитную крышку и электропривод. На станине крепят приводные и технологические узлы. Измельчающий механизм содержит ножевой вал, на консольной части которого смонтирована втулка с серповидными ножами, устанавливаемыми с помощью колец. Механизм выгрузателя фарша смонтирован на кронштейне, прикрепленном к нижней части станины. Рабочим органом его является алюминиевая тарелка, приводимая во вращение от электродвигателя через червячный редуктор (частота вращения 58 мин⁻¹). Механизм выгрузателя свободно качается на специальной оси. В поднятом положении выгрузатель фиксируется за счет собственной массы. Вал выгрузателя проходит над рабочим пространством чаши через трубу, которая одним концом соединена неподвижно с корпусом редуктора выгрузателя, на другом закреплен металлический скребок для удаления фарша с наружной поверхности тарелки и направления его в лоток. Электродвигатель механизма выгрузателя включается и выключается автоматически: при поднятой тарелке он не работает и включается только после ее опускания в чашу машины. Полного опорожнения чаши механизм выгрузателя не дает, требуется дополнительная ручная зачистка.

В чашу сырье загружают при включенной машине. Сырье подается под ножи вращением чаши.

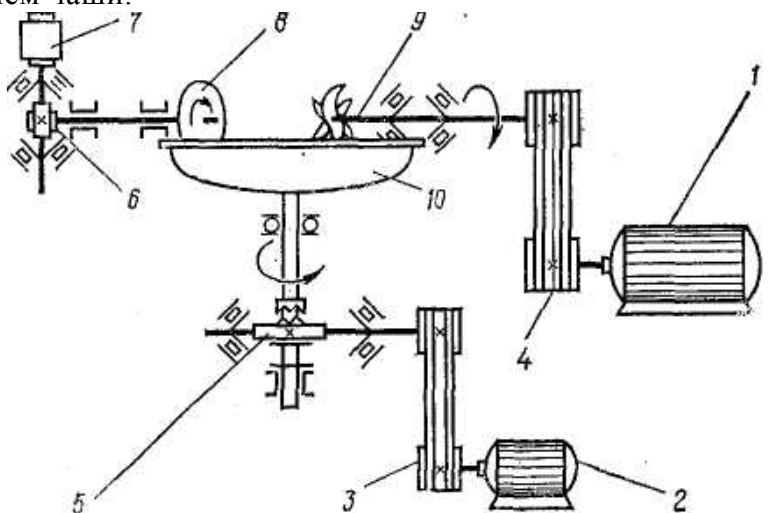


Рисунок 12.3 – Кинематическая схема куттера: 1, 2, 7–электродвигатели соответственно ножевого вала, чаши и механизма выгрузателя; 3, 4–клиноременные передачи; 5, в–червячные редукторы; 8–выгрузатель; 9–ножевой вал; 10–чаша

Длительность процесса обработки фарша в куттере в значительной степени зависит от сорта мяса, степени его предварительного измельчения, коэффициента загрузки чаши, расстояния между крайними ножами и чашей (минимальное 2 мм), числа ножей и частоты их вращения.

Ножи собирают в строгой последовательности таким образом, чтобы крайние точки их кромки описывали в диаметральной сечении окружности одного диаметра с окружностью, образуемой крайними точками режущей кромки крайних ножей. Этим достигается балансировка ножевой головки.

Измельчение продукта без добавления воды вызывает увеличение потребляемой мощности на 30-40%. Поэтому выбор рационального коэффициента загрузки чаши, необходимых режимов определяется технологией приготовления фарша с учетом использования 1-й и 2-й скорости вращения чаши, а также 1-й и 2-й скорости вращения ножевого вала. Во избежание перегрева фарша при измельчении сырье в кусках предварительно охлаждают до $+1^{\circ}\text{C}$, -2°C .

5 Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя следующие основные положения:

Общего назначения.

Все работы на установках должны проводиться только в присутствии и участии преподавателя или ответственного лица, прошедшего полной инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

Место, где размещена установка, запрещается загромождать посторонними предметами.

Перед включением установки произвести тщательный осмотр оборудования и приборов для определения их пригодности к работе.

Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. Включать установку при наличии неисправностей запрещается.

Во время выполнения задания студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работы.

Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку.

Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.

Студентам запрещается самостоятельно устранять неисправности лабораторных установок.

6 Порядок выполнения работы

Выполнение работы начинают с ознакомления с устройством куттера, представленного в лаборатории кафедры, составляют его краткое описание с указанием принципа действия и назначения основных частей. При изучении устройства используют учебную и методическую литературу. Производят необходимые.

7 Содержание отчёта

1. Функциональная или кинематическая схема куттера. 2. Методика расчета производительности, мощности привода и основных геометрических размеров. 3. Исходные данные и результаты замеров. 4. Анализ полученных результатов.

При отсутствии каких-либо данных необходимо произвести замеры элементов куттера или взять их у преподавателя.

Отчёт оформляется на листах формата А4 или ученических тетрадях и должен содержать следующие разделы: цель и содержание работы; аппаратура и материалы, результаты выполнения работы и выводы.

8 Контрольные вопросы

1. Классификация куттеров.
2. Технологические требования к куттерам.
3. Приведите принципиальные конструктивные схемы современных куттеров.
4. Дайте методику расчёта производительности куттера.
5. Приведите методику расчёта мощности привода куттера.
6. Приведите методику расчета основных геометрических размеров куттеров.
7. Опишите правила рациональной эксплуатации куттеров.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ИЗУЧЕНИЕ И РАСЧЁТ МАШИНЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ШПИКА

1 Цель работы

Изучение особенностей конструктивного устройства шпигорезок. Освоение методики расчета производительности и мощности привода.

3 Теоретическая часть

Шпигорезательные машины предназначены для резки шпига на кубики при производстве структурных колбас и ветчинных изделий.

Производительность шпигорезки (M , кг/ч) рассчитывается по формуле:

$$M = 60 \cdot \alpha \cdot V \cdot \rho / (\tau_p + \tau_x), \quad (5.1)$$

где $\alpha = 0,7-0,8$ – коэффициент загрузки камеры; V – объём камеры, м^3 ; $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ – плотность шпига; τ_p , τ_x – продолжительность соответственно рабочего и холостого ходов толкателя, мин.

Объём камеры рассчитывается по её геометрическим размерам, а продолжительность двойного хода толкателя – по скорости его движения и длине камеры.

Скорость рабочего и холостого хода толкателя ($V_T = 1-3 \text{ м/мин}$) является постоянной в обоих направлениях и рассчитывается по формуле:

$$V_T = l \cdot n, \quad (5.2)$$

где l – размер нарезаемых кубиков шпига, выбираемый по номеру варианта, м; n – частота вращения серповидного ножа, мин^{-1} .

Мощность привода толкателя (N_m , кВт) рассчитывается по формуле:

$$N_m = P \cdot G / 1000, \quad (5.3)$$

где P – давление масла в гидроцилиндре, выбираемое по номеру варианта, Н/м^2 ; $G = 35 \text{ л/мин}$ – производительность масляного насоса.

Мощность привода режущего механизма (N_p , кВт) рассчитывается по формуле:

$$N_p = M \cdot \omega / 1000, \quad (5.4)$$

где M – крутящий момент на ножевом валу, $\text{Н} \cdot \text{м}$; ω – частота вращения ножевого вала, с^{-1} .

Крутящий момент на ножевом валу является суммой двух моментов:

$$M = M_p + M_c, \quad (5.5)$$

где M_p – крутящий момент на приводе ножевых рамок, $\text{Н} \cdot \text{м}$; M_c – крутящий момент на приводе серповидного ножа, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Крутящий момент на приводе ножевых рамок рассчитывается по формуле:

$$M_p = P_n \cdot l \cdot R_2 / R_1, \quad (5.6)$$

где P_n – усилие резания шпига пластинчатыми ножами, Н ; $l = 0,1 \text{ м}$ – длина двуплечевого рычага; $R_1 = 0,01 \text{ м}$ – радиус ведомого эксцентрика; $R_2 = 0,02 \text{ м}$ – радиус ведущего эксцентрика.

Усилие резания шпига пластинчатыми ножами рассчитывается как:

$$P_n = p_n \cdot z, \quad (5.7)$$

где $p_n = 0,1 \dots 0,14 \text{ кН/м}$ – удельное усилие резания шпига пластинчатыми ножами; l – длина режущей кромки пластинчатых ножей, равная размеру поперечного сечения камеры для шпига, м; z – количество пластинчатых ножей, зависящее от размеров ножевых рамок и нарезаемых кубиков шпига.

Крутящий момент на приводе серповидного ножа рассчитывается по формуле:

$$M_C = P_C \cdot R,$$

где P_C – усилие резания шпига серповидным ножом, Н; R – радиус серповидного ножа от оси вращения ножевого вала до центра сечения камеры для шпига, м.

Усилие резания шпига серповидным ножом рассчитывается по формуле:

$$P_C = p_c \cdot l \quad \text{Equation.3}$$

(5.9)

где $p_c = 1,2-1,6$ кН/м – удельное усилие резания шпига серповидным ножом; l – длина режущей кромки серповидного ножа, ограниченная размерами поперечного сечения камеры для шпига, м.

4 Оборудование и материалы

Шпигорезка ГГШМ, секундомер, измерительная линейка.

Устройство и принцип действия оборудования.

Горизонтальная гидравлическая шпигорезка ГГШМ состоит из станины, горизонтальной двухсекционной камеры для шпига, гидропривода с толкателем, режущего механизма с приводом. В режущем механизме имеются две ножевые рамки с пластинчатыми ножами и серповидный нож.

Во время работы шпиг загружается в одну из секций камеры, в то время как в другой секции камеры он вытесняется толкателем в зону резания. Нарезка шпига на кубики в горизонтальной и вертикальной плоскостях производится пластинчатыми ножами, закреплёнными в ножевых рамках и совершающих колебательное движение, и в поперечном направлении – вращающимся серповидным ножом. Размеры кубиков шпига зависят от расстояния между пластинчатыми ножами и от скорости движения толкателя, которая регулируется подачей масла в гидроцилиндр.

Гидравлический привод состоит из шестерёнчатого масляного насоса, маслопровода, переключателя хода толкателя, регулятора подачи масла и гидроцилиндра. Ножевые рамки приводятся в движение двуплечим рычагом от ножевого вала через шатун и эксцентрик.

5 Указания по технике безопасности

1. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе со шпигорезкой. 2. Перед включением установки проверить наличие заземления. 3. Категорически запрещается включать шпигорезку в отсутствие преподавателя и при снятых кожухах заграждений. 4. При возникновении посторонних шумов или скрежета необходимо немедленно обесточить установку.

6 Порядок выполнения работы

Эскизируют её внешний вид шпигорезки, ножевая рамка с пластинчатыми ножами и серповидный нож, а также составляется кинематическая схема. С кинематической схемы выполняется расчёт числа оборотов серповидного ножа. Частота вращения электродвигателя равна 1460 мин^{-1} , а общее передаточное отношение находится по геометрическим размерам зубчатой и цепной передачи. Усилие резания определяют по методике Карпова [4].

По окончании расчётов студенты приступают к изучению и анализу конструкций машин для обработки шпига, используя литературу.

Таблица 5.1 – Исходные данные по вариантам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8
Размеры кубиков, мм	4	12	8	6	4	8	6	12
Давление масла, $\text{Па} \cdot 10^5$	1,8	2,4	2	3,6	1,6	4	2,2	2,8
Варианты	9	10	11	12	13	14	15	16

Размеры кубиков, мм	4	6	12	8	6	4	12	12
Давление масла, Па·10 ⁵	4,2	3,4	2,8	3,8	2,4	3	3,2	2,4

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов.

8 Контрольные вопросы

1. Дайте краткую классификацию шпигорезок.
2. Какие основные технологические требования предъявляют к шпигорезкам?
3. Приведите преимущества и недостатки горизонтальной ГГШМ и вертикальной шпигорезок.
4. Опишите недостатки шпигорезок с гидротолкателем.
5. Приведите схему шпигорезки ФШГ и опишите (или рисунку 71 [8]) её устройство и принцип действия.
6. Оцените уровень технического исполнения шпигорезок ФШГ и RU-120 (Швеция).
7. Из каких сталей рекомендуется исполнять ножи шпигорезок для обеспечения их наилучшей режущей способности?
8. Нарисуйте профиль режущей части пластинчатого ножа двухступенчатой формы. Приведите рациональные углы заточки.
9. Какие рекомендации по натяжению пластинчатых ножей позволяют уменьшить силу натяжения на 15-20 %.
10. Приведите формулы расчёта производительности и мощности привода шпигорезки ГГШМ.
11. Каким образом рассчитывают: а) усилие резания шпика пластинчатыми ножами? б) крутящий момент на валу серповидного ножа? в) усилие резания шпика серповидным ножом?
12. Перечислите преимущества и недостатки шпигорезки Я2 ФИА по сравнению с гидравлическими периодического действия.
13. Приведите основные принципиальные схемы машин для пластования шпика и снятия шкурки.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

УСТРОЙСТВО И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОТЛЕТНОГО АВТОМАТА

1 Цель работы

Изучение особенностей конструктивного устройства котлетного автомата. Освоение методики расчета производительности и мощности привода.

3 Теоретическая часть

Котлетные автоматы предназначены для изготовления котлет из мясного фарша. Производительность котлетного автомата (M , шт/ч) рассчитывают как:

$$M = 60 \times z \times n, \quad (6.1)$$

где z – количество формирующих гнезд; n – частота вращения поворотного стола, выбираемая по номеру варианта задания, мин⁻¹.

Для определения числа оборотов стола применяется формула:

$$n_{cm} = n_{\partial\sigma} / u, \quad (6.2)$$

где $n_{дв}$ – число оборотов двигателя; u – передаточное число привода.

Потребная мощность двигателя может быть рассчитана как сумма двух слагаемых по формуле, кВт:

$$N = (N_1 + N_2) \times K / 1000 \text{ Вт}, \quad (6.3)$$

где N_1 – мощность для определения трения продукта о стенки и о днище бункера, Вт; N_2 – мощность для отделения отформованной порции от общей массы, Вт; η – КПД передаточного механизма; K – коэффициент запаса мощности.

Учитывая, что липкость и напряжение сдвига могут измениться в широких пределах, значение коэффициента запаса мощности принимают $K=2-4$.

Мощность N_1 определяется по формуле:

$$N_1 = p \times n_{л} \times D \times T, \quad (6.4)$$

где $n_{л}$ – частота вращения лопастей, об/сек; D – диаметр цилиндра бункера, м ($D=0,35$ м); T – сила трения, определяется по формуле:

$$T = m \times (P + P_0 \times F_0), \quad (6.5)$$

где μ – коэффициент трения скольжения; $\mu=0,1$; P_0 – липкость, $P_0=(2-5) \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$; F_0 – площадь контакта фарша с бункером, м^2 ; P – сила, нормальная к поверхности сдвига, Н.

В данном случае можно допустить, что сила P будет равна центробежной силе, которая определяется по формуле:

$$P = m \times \omega^2 \times R_{cp}, \quad (6.6)$$

где m – масса продукта, кг; R_{cp} – средний радиус лопастей, м, $R_{cp} \approx D/4$.

Площадь контакта фарша с бункером определяется по формуле:

$$F_0 = p \times D \times H - F_{\phi} + p \times D^2 / 4, \quad (6.7)$$

где H – высота бункера, м; F_{ϕ} – площадь формовочного окна, м^2 .

Мощность N_2 определяется по формуле:

$$N_2 = P_c \times n_c, \quad (6.8)$$

где P_c – сила, необходимая для отделения отмеренной порции фарша, Н, $P_c = \tau \times F_{\phi}$; τ – предельное напряжение сдвига, $\tau=(0,4-2,0) \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$; F_{ϕ} – площадь формовочного окна, м^2 ; v_c – средняя скорость отделения порции фарша, м/с, $n_c = 2p \times n_{cm} \times R$.

4 Оборудование и материалы

Котлетный автомат АК2М-40, секундомер, измерительная линейка.

Устройство и принцип действия оборудования.

Котлетный автомат АК2М-40 состоит из чугунного корпуса, поворотного стола с пятью формовочными гнёздами, загрузочного бункера из нержавеющей стали с вытеснительными лопастями, дискового ножа и привода автомата. В гнёздах поворотного стола имеются поршни с толкателями, скользящими по копиру. В зависимости от профиля копира при вращении стола поршни перемещаются вверх или вниз.

В случаях, когда формовочные гнёзда приближаются к бункеру, поршни перемещаются в крайнее нижнее положение, и под действием вытеснительных лопастей фарш заполняется в гнёзда поворотного стола. При дальнейшем повороте стола поршни начинают вытеснять фарш из этих гнёзд. В крайнем верхнем положении поршней, вытесненные дозы фарша в виде котлет круглой формы, снимают со стола вращающимся дисковым ножом. С помощью регулировочного винта обеспечивается формование котлет массой 50, 75 и 100 г.

Вращение поворотного стола, вытеснительных лопастей и дискового ножа производится от фланцевого электродвигателя через систему зубчатых передач – одну червячную пару и две пары цилиндрических шестерней.

5 Указания по технике безопасности

1. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе с котлетным автоматом.
2. Перед включением установки проверить наличие заземления.
3. Категорически

запрещается включать автомат в отсутствии преподавателя и при снятых кожухах заграждений. 4. При возникновении посторонних шумов или скрежета необходимо немедленно обесточить установку.

6 Порядок выполнения работы

Изучение котлетного автомата связано с эскизированием его внешнего вида, поршня и копира, а также с составлением кинематической схемы привода автомата.

Для определения передаточных отношений зубчатых передач необходимо посчитать количество зубьев на колесах.

При работающем автомате с использованием секундомера определить их числа оборотов, а так же число оборотов формующего стола.

Для проведения расчетов использовать данные из таблицы 6.1

Таблица 6.1 – Исходные данные по вариантам

Параметр	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.Производительность, кг/час	5000	6000	7000	8000	6000	7000	5000	8000
2. Вес котлеты, г	50	50	100	50	100	50	100	100
3.Частота вращения стола, об/мин	25	20	18	16	25	22	25	18
4. Плотность фарша, кг/м ³	1000	1100	1200	950	1000	1100	1200	1000
5. Масса фарша, кг	15	20	25	30	20	25	15	30
6. Высота бункера, м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,4	0,7

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
- 3.Исходные данные и результаты замеров.
- 4.Анализ полученных результатов.

8 Контрольные вопросы

1. Приведите основные типовые схемы построения котлетоформовочных машин.
2. Нарисуйте схему котлетного автомата АК-2М-40.
3. Запишите формулы расчёта производительности и мощности привода электродвигателя к котлетному автомату.
4. Какой принцип дозирования заложен в конструкциях современных котлетных автоматах?
5. Какие типы дозаторов применяются в котлетных автоматах?
6. Какие устройства предусматриваются для отделения котлет от формующего стока (барабана) у котлетных автоматов?

Список литературы смотри в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

УСТРОЙСТВО И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕЛЬМЕННОГО АВТОМАТА

1 Цель работы

Изучение конструктивного устройствапельменного автомата. Освоение методики расчета производительности и мощности привода.

2 Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ПК-2	Способен разрабатывать порядок выполнения работ по организации и ведению технологического процесса, организовывать работу структурного подразделения, разрабатывать производственную документацию, составлять отчетность по утвержденным формам

3 Теоретическая часть

Пельменные автоматы предназначены для изготовления пельменей из готового теста и пельменного фарша.

Производительность пельменного автомата (M , кг/ч) рассчитывается по формуле:

$$M = 60 \cdot z \cdot q \cdot n_{\phi} \quad (7.1)$$

где z – количество ячеек в формующем барабане; n – частота вращения формующего барабана, мин^{-1} ; $q = 0,012$ кг – масса одного пельменя.

В свою очередь частота вращения формующего барабана рассчитывается по формуле:

$$n_{\phi} = n_m / p \cdot D_{\phi} \quad (7.2)$$

где v_m – скорость движения транспортёра, выбираемая по номеру варианта задания, м/мин; D_{ϕ} – диаметр формующего барабана, м.

Исходя из заданной скорости движения транспортёра, делается перерасчёт одной из зубчатых передач привода автомата:

$$U_x = \frac{U_0}{U_1 \cdot U_2 \cdot U_3} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_m \cdot U_1 \cdot U_2 \cdot U_3}, \quad (7.3)$$

где U_0 – общее передаточное отношение привода автомата; U_1 U_2 U_3 – передаточные отношения зубчатых передач в приводе автомата; $n_{\text{вр}}$ – частота вращения электродвигателя, мин^{-1} ; n_m – частота вращения приводного барабана транспортёра, мин^{-1} рассчитывается по формуле:

$$n_m = n_{\text{вр}} / p \cdot D_m, \quad (7.4)$$

где D_m – диаметр приводного барабана, м.

Мощность привода пельменного автомата (N , кВт) рассчитывается по трём составляющим:

а) мощности привода питателей для теста и фарша

$$N_1 = \frac{P_m \cdot M_m}{r_m \cdot 1000 \cdot 3600}; N_2 = \frac{P_{\phi} \cdot M_{\phi}}{r_{\phi} \cdot 1000 \cdot 3600}, \quad (7.5)$$

где $P_m = 100 \cdot 10^5$ Н/м² – давление нагнетания теста; $P_{\phi} = 80 \cdot 10^5$ Н/м² – давление нагнетания мясного фарша; M_m и M_{ϕ} – производительности соответственно тестового и фаршевого питателей, равные 50% производительности автомата, кг/ч; $r_m = 900$ кг/м³ – плотность теста; $r_{\phi} = 1050$ кг/м³ – плотность фарша.

б) мощности привода транспортёра

$$N_3 = P_m \cdot L \cdot v_m / 1000, \quad (7.6)$$

где $P_m = 2 \cdot 10^3$ Н/м – удельное усилие (к единице длины транспортёра); L – длина транспортёра, м; v_m – скорость движения транспортёра, м/с.

4 Оборудование и материалы

Пельменный автомат П6-НПА, секундомер, измерительная линейка.

Устройство и принцип действия оборудования.

Настольный пельменный автомат П6-НПА состоит из бункера с питателями для теста и фарша, тесто фаршевого коллектора, ленточного транспортёра, бункера для муки с ворошителем и одного формующего барабана.

Привод питателей и транспортёра выполняется от электродвигателя через систему

зубчатых передач.

Формующий барабан приводится во вращение за счёт плотного прижатия к движущейся транспортёрной ленте. Ворошитель бункера для муки вращается ремнём от формующего барабана.

Во время работы пельменного автомата тесто и мясной фарш непрерывно подаются в тесто фаршевый коллектор с выходными отверстиями « труба в трубе». Из коллектора тесто, начинённое фаршем, в виде жгута подаётся транспортёром к формующему барабану. Жгуты предварительно посыпаются мукой для исключения прилипания пельменей к барабану.

5 Указания по технике безопасности

1. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе с пельменным автоматом. 2. Перед включением установки проверить наличие заземления. 3. Категорически запрещается включать автомат в отсутствии преподавателя и при снятых кожухах ограждений. 4. При возникновении посторонних шумов или скрежета необходимо немедленно обесточить установку.

6 Порядок выполнения работы

При изучении конструкции пельменного автомата эскизируется его внешний вид, тесто фаршевый коллектор и формующий барабан, а также составляется кинематическая схема привода автомата.

Необходимые расчеты проводятся по данным таблицы 7.1.

Таблица 7.1 – Исходные данные по вариантам

Параметр	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Производительность, кг/час	300	500	1000	400	600	1200	260	400
2. Число формующих барабанов, шт.	2	3	6	2	3	6	2	3
3. Число ячеек на барабане, шт	52	52	52	52	52	52	52	52
4. Скорость движения ленты, м/с	0,07	0,08	0,15	0,085	0,088	0,20	0,06	0,066

7 Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Методика расчета.
3. Исходные данные и результаты замеров.
4. Анализ полученных результатов.

8 Контрольные вопросы

1. Какой принцип дозирования заложен в конструкцию пельменного автомата?
2. В каких случаях пельмени штампуют на лотках?
3. В каких случаях пельмени замораживают на ленте?
4. Какова конструкция формующего устройства пельменного автомата?
5. Что предусматривается для предотвращения прилипания пельменей к штампуящим диском?
6. Назовите основные узлы пельменного автомата типа СУБ.
7. Нарисуйте принципиальную схему и опишите устройство и принцип действия пельменоделательных машин марки СУБ.
8. Изобразите схему формующей головки пельменного автомата.

9. Запишите формулы расчёта производительности и мощности электродвигателя привода питателей теста, фарша и транспортёра.

Список литературы смотри в конце методических указаний.

Литература

Основная:

1. Антипова, Л. В. Технология и оборудование производства колбас и полуфабрикатов : учеб. пособие для вузов / Л. В. Антипова, И. Н. Толпыгина, А. А. Калачев. - Санкт-Петербург : ГИОРД, 2018. - 596 с.

2. Технологическое механическое оборудование мясной отрасли: учебное пособие / Д. В. Хрундин, Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, Г. О. Ежкова. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. - 120 с.

3. Оборудование мясной отрасли для термической обработки / Д. В. Хрундин, Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, Г. О. Ежкова ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : КНИТУ, 2018. – 96 с.

4. Верболюз, Е. И. Технологическое оборудование : учебное пособие для бакалавров и магистров направления 151000 - Технологические машины и оборудование / Е. И. Верболюз, Ю. И. Корниенко, А. Н. Пальчиков. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 205 с.

Дополнительная

1. Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учебник СПб.: Гиорд, 2010, 735 с

2. Технологическое механическое оборудование мясной отрасли: учебное пособие / Д. В. Хрундин, Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, Г. О. Ежкова. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. - 120 с.

3. Богатова О.В. Промышленные технологии производства молочных продуктов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богатова О.В., Догарева Н.Г., Стадникова С.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Проспект Науки, 2014.— 272 с.

4. Ведищев, С.М. Механизация первичной обработки и переработки молока / С.М. Ведищев, А.В. Милованов. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 152 с.

5. Конспект лекции для изучения дисциплины «Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства». Раздел 1. Технологическое оборудование для обработки и переработки молока. Тема «Основы разделения молока на фракции и конструкции сепараторов-сливкоотделителей» [Электронный ресурс] :. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 46 с.

6. Самосюк В.Г. Технологическое оборудование для производства молока [Электронный ресурс] / В.Г. Самосюк, В.О. Китиков, Э.П. Сорокин. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2013. — 494 с.

7. Алексеев, Г. В. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс] : краткий курс и лабораторные работы / Г. В. Алексеев. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2013. — 73 с.

8. Голубева Л.В. Аппаратурное оформление технологических процессов производства молочных консервов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Голубева Л.В., Долматова О.И., Ключникова Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2010.— 57 с.

9. Лисин, П. А. Современное технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов: пастеризационные установки, подогреватели, охладители, заквасочники : справочное пособие / П. А. Лисин, К. К. Полянский, Н. А. Миллер. Под общ. ред. проф. К. К. Полянского – СПб. : ГИОРД, 2011. – 136 с.

10. Решетняк Е.П. Расчет технологического оборудования молочной отрасли с помощью ЭВМ. Методическое пособие для студентов специальности 260303 – «Технология молока и молочных продуктов» [Электронный ресурс]/ Решетняк Е.П., Дидык Т.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Саратовский государственный аграрный

университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2011.— 44 с.

11. Харченко, Г. М. Технологическое оборудование для переработки молока : учебное пособие / Г. М. Харченко. – Новосибирск : НГАУ, 2011. – 204 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине

Технологическое оборудование пищевой промышленности
Ч.2

Направление подготовки	19.03.03 Продукты питания животного происхождения
Направленность (профиль)	Биоинженерия и технологии

Ставрополь, 2026

Содержание

Лабораторная работа №1. Трубопроводы и арматура.....	4
Лабораторная работа №2. Гидравлические сопротивления в трубопроводе.....	7
Лабораторная работа №3. Насосы для молока и молочных продуктов	13
Лабораторная работа №4. Пластинчатые теплообменники для молока и молочных продуктов	18
Лабораторная работа №5. Трубчатые теплообменники.....	25
Лабораторная работа №6. Гомогенизатор для молока.....	31
Лабораторная работа №7. Ультрафильтрационный модуль.....	36
Лабораторная работа №8. Сепараторы для молока и молочных продуктов.....	40

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА

1 Цель и содержание

Изучение конструкции технологических трубопроводов и арматуры. Получение навыков подбора арматуры для исполнения заданной конфигурации трубопровода.

2 Теоретическое обоснование

Технологические трубопроводы используют для внутриводской (межоперационной) транспортировки жидких и пастообразных молочных продуктов, и сырья самотеком, с использованием насосов, а в отдельных случаях с использованием вакуума или сжатого воздуха.

В молочной промышленности применяют трубы из стали, стекла, полимерных материалов, а также резинотканевые рукава (шланги).

Наибольшее распространение получили технологические трубопроводы из нержавеющей стали 12Х18Н10Т с условным диаметром прохода 25, 36, 50 и 75 мм, что позволяет использовать унифицированную арматуру.

Для соединения разборных металлических трубопроводов, а также присоединения трубопроводов к технологическому оборудованию используют резьбовое или зажимное муфтовое соединение.

Для создания конфигурации металлических трубопроводов используют, в первую очередь, отводы, тройники и другую арматуру. В качестве арматуры технологических трубопроводов, предназначенной для управления потоками, изменения их направления, выбора режимов транспортирования перекачиваемого продукта используют краны, вентили и клапаны.

3 Аппаратура и материалы

Элементы трубопроводов, трубопроводная арматура, линейка, штангенциркуль.

4 Указание по технике безопасности

При проведении замеров соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей трубопроводов и арматуры.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Указать типы и назначение трубопроводной арматуры. Выполнить эскиз муфтового соединения и одного из видов арматуры по заданию преподавателя.

2. Для заданной преподавателем аппаратурно-процессовой схемы осуществить подбор арматуры, включив ее в схему, используя следующие условные обозначения:

✕ проходной кран; ∟ отвод;
 ✕ трехходовой кран; ⊥ тройник;
 ── муфтовое соединение.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Какие требования предъявляются к изготовлению и монтажу трубопроводов?

2. Из каких материалов изготавливают технологические трубопроводы молочной промышленности?

3. Охарактеризуйте преимущества и недостатки различных материалов для изготовления трубопроводов.

4. Какие диаметры имеют стальные трубопроводы и почему?

5. Перечислите номенклатуру основной трубопроводной арматуры, применяемой в технологических трубопроводах.

6. Опишите принцип сборки трубопровода при помощи муфтового соединения.

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.

2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.

3. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.

4. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ

1 Цель и содержание

Освоение методики гидравлического расчета трубопроводов.

2 Теоретическое обоснование

Наибольшее распространение получили технологические трубопроводы из нержавеющей стали 12Х18Н10Т с условным диаметром прохода 25, 36, 50 и 75 мм, что позволяет использовать унифицированную арматуру.

Требуемый диаметр трубопровода (d , м) определяется по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{900 \cdot M}{w \cdot \rho}}, \quad (2.1)$$

где M – количество перекачиваемого продукта, кг/ч;

w – скорость движения жидкости, м/с;

ρ – плотность продукта (определяется при заданной температуре по таблице 2.1), кг/м³.

Скорость движения продукта принимается в следующих пределах (м/с):

- молоко цельное.....0,5...1,5;
- сливки 0,5;
- обезжиренное молоко, сыворотка, пахта 1,0...2,0.

Общие потери давления ($\sum P$, Па) при движении продукта в пастериза-

ционно-охладительной установке можно определить по формуле:

$$\sum P = P_{тр} + \sum P_{гид} + \sum P_{грав} + \sum P_{всп} + \sum P_{сеп}, \quad (2.2)$$

где $P_{тр}$ – потери давления при движении жидкости по трубам, Па;

h – геометрическая высота подъема жидкости (находится путем суммирования всех значений участков подъема (+) и спуска (–) трубопровода), м;

P_m – потери давления, вызванные наличием гидравлических сопротив-

лений пластинчатого теплообменника, Па;

P_v – потери давления при движении жидкости через выдерживатель, Па.

Потери давления на трение при движении по трубам рассчитывают по формуле:

$$P_{тр} = \frac{\lambda \cdot w^2 \cdot l}{2 \cdot \rho \cdot d} + \sum \zeta_{м.с.} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}, \quad (2.3)$$

где λ – коэффициент линейных сопротивлений;

$\sum \zeta_{м.с.}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений трубопровода;

l – суммарная длина трубопровода, м.

Коэффициент линейных сопротивлений зависит от режима движения жидкости и определяется по формулам:

Таблица 2.1 – Структурно-механические характеристики молочного сырья

Продукт	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{кг/м}^3$	$\rho \cdot l^6, \text{м}^2/\text{с}$
Молоко цельное	5	1102,3	2,685
	10	1033,2	2,393
	15	1030,0	2,039
	20	1027,9	1,741
	30	1023,6	1,299
Сливки, 35 %	5	1003,9	78,150
	10	1000,9	39,190
	15	997,7	17,190
	20	994,5	11,840
	30	988,2	6,940
Сыворотка подсырная	15	1025,0	1,520
	20	1024,2	1,330
	25	1023,3	1,180
	30	1022,5	1,060
	35	1021,6	0,960
	40	1020,8	0,860
Пахта	15	1030,0	1,615
	20	1035,0	1,598

а) для ламинарного режима ($Re \leq 2320$)

$$\star \bullet \frac{64}{Re};$$

б) для турбулентного и переходного режима ($Re > 2320$)

$$\star \bullet \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}.$$

В свою очередь критерий подобия Рейнольдса равен

$$Re \bullet \frac{w \cdot d_{cm}}{\nu}, \quad (2.4)$$

где ν – кинематическая вязкость перекачиваемой жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$ (определяется по заданной температуре продукта из таблицы 2.1).

Аналогично вычисляются потери давления при движении жидкости через выдерживатель

$$\Delta P_{\text{в}} \bullet \frac{\xi \cdot w^2 \cdot l}{2 \cdot d_{\text{в}} \cdot \sum \xi_{\text{м.с.}}}, \quad (2.5)$$

где $w_{\text{в}}$ – скорость движения жидкости в выдерживателе (определяют из формулы (2.1), используя вместо диаметра трубы внутренний диаметр выдерживателя), $\text{м}/\text{с}$;

$l_{\text{в}}$ – длина труб выдерживателя, м ;

$d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр труб выдерживателя, м ;

$\sum \xi_{\text{м.с.}}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений выдерживателя.

Потери давления при движении жидкости через секцию теплообменника рассчитывают по формуле

$$\Delta P_{\text{т}} \bullet i \cdot \frac{w_m^2 \cdot \xi}{2}, \quad (2.6)$$

где i – количество пакетов в секциях теплообменника ($i = 17$);

ξ – коэффициент сопротивления одного пакета;

w_m – скорость движения жидкости в каналах между пластинами, $\text{м}/\text{с}$.

Скорость движения жидкости в каналах между пластинами определяется по формуле

$$w_m \bullet \frac{M}{3600 \frac{\text{м}}{\text{с}} \times \frac{\text{м}}{\text{с}} b}, \quad (2.7)$$

где b – ширина канала (для пластины типа П-1 $b = 0,2 \text{ м}$);

h – зазор между пластинами ($h = 0,0028 \text{ м}$);

m – количество каналов в пакете ($m = 2$).

Коэффициент сопротивления каждого пакета, входящего в состав секции будет равен

$$\xi \bullet 8200 \frac{\text{м}}{\text{с}} Re_m^{-0,25}, \quad (2.8)$$

где $Re_m \bullet \frac{w_m \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}} h}$ – критерий подобия Рейнольдса при движении жидкости через теплообменник.

3 Аппаратура и материалы

Лабораторная пастеризационно-охладительная установка ОПФ-1, линейка, штангельциркуль.

4 Указание по технике безопасности

При проведении замеров соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей пастеризационно-охладительной установки.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Используя условные обозначения, выполнить гидравлическую схему пастеризационно-охладительной установки ОПФ-1:

✕ проходной кран; Γ отвод;
 ✕ трехходовой кран; ⊥ тройник;
 ⇆ муфтовое соединение.

2. Определить длину горизонтальных участков трубопровода, величину участков подъемов и спусков. Замерить диаметр и длину труб выдерживателя. Результаты записать в отчет.

3. Рассчитать необходимый диаметр трубопровода и гидравлические

сопротивления пастеризационно-охладительной установки по исходным данным таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Данные к расчету трубопровода

Параметр	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество перекачиваемого продукта, кг/ч	1000	2500	1000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	7000
Температура продукта, °С	18	23	26	28	16	8	12	14	16	19
Перекачиваемый продукт	сливки		молоко			сыворожка		пахта		

Необходимый диаметр трубопровода рассчитывается по формуле (2.1). Полученное значение диаметра округляется до стандартного значения, которое далее используется в расчетах.

Далее уточняется скорость движения жидкости при стандартном значении диаметра трубопровода.

Коэффициенты местных сопротивлений можно принять следующими:

- при входе жидкости в трубу – 0,5;
- при выходе жидкости из трубы – 1,0;
- для отвода и тройника – 0,15;
- для крана проходного в открытом положении – 0,05;
- для крана трехходового при повороте жидкости – 0,15, а при прямом движении жидкости – 0,05;
- для клапана – 0,19.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Какой принцип заложен в основу определения диаметра технологического трубопровода?
2. Изложите методику определения гидравлических сопротивлений.
3. От чего зависит коэффициент линейных сопротивлений.
4. От чего зависит коэффициент сопротивления пакета пластинчатого теплообменника?
5. Укажите пути снижения гидравлических сопротивлений трубопроводов.

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.
3. Волчков И. И., Волчков В. И. Насосы для молока и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 208 с.
4. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
5. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. НАСОСЫ ДЛЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

1 Цель и содержание

Изучение конструкции и принципа действия насосов для молока и молочных продуктов. Освоение методики расчета и подбора насосов.

2 Теоретическое обоснование

В молочной промышленности насосы применяют для перекачивания по трубам молочного сырья, жидких полуфабрикатов и продуктов, включая достаточно вязкие (например, сгущенное молоко с сахаром).

Учитывая, что жидкие продукты занимают основное место в технологических потоках переработки молока, следует отметить не только важную, но и особую роль насосов в обеспечении производства молочных продуктов.

Главной особенностью насосов, применяемых в молочной промышленности, является то, что они выполняются легко разборными, а также устанавливаемыми, чаще всего, без закрепления на фундаменте (раме).

Насосы принято подразделять на 2 основных класса: центробежные и объёмные. Это деление обусловлено некоторым отличием в принципе создания скоростного мотора (напорного перемещения) продукта.

В центробежных насосах скоростной напор создаётся центробежной силой, возникающей за счёт вращения рабочего колеса насоса.

В объёмных насосах осуществляется захват порции продукта у всасывающего патрубка (трубопровода) и выталкивание этой порции у нагнетательного патрубка (трубопровода).

3 Аппаратура и материалы

Насосы центробежные и объёмные (шестеренчатые, коловратные), установленные в лаборатории оборудования предприятий молочной промышленности, штангенциркуль.

4 Указание по технике безопасности

При проведении замеров соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей насосов.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. По заданию преподавателя разобрать насос, изучить его устройство и выполнить эскиз рабочих органов.

2. Измерить геометрические размеры рабочих органов и рассчитать производительность насоса, сравнив полученный результат с паспортным значением.

3. Произвести расчет мощности электродвигателя центробежного насоса, включенного в пастеризационно-охладительную установку ОПФ-1 по заданному ранее варианту в лабораторной работе №2.

Объемная производительность центробежного насоса (V_p , м³/с) определяют по формуле

$$V_p = \frac{b_1 \left(\frac{\pi}{4} D_1^2 - \frac{\pi}{4} z \right) c_{1p} \eta_{об} + b_2 \left(\frac{\pi}{4} D_2^2 - \frac{\pi}{4} z \right) c_{2p} \eta_{об}}{1} \quad (3.1)$$

где b_1 и b_2 – ширина рабочего колеса на внутренней и наружной окружности соответственно, м;

D_1 и D_2 – внутренний и наружный диаметры колеса, м;

z – толщина лопасти,

z – число лопастей;

c_{1p} и c_{2p} – радиальные составляющие скорости потока жидкости на входе и на выходе из колеса, м/с;

$\eta_{об}$ – объемный к.п.д. центробежного насоса (0,45...0,55).

Радиальные составляющие скорости потока жидкости на входе и на выходе из колеса рассчитывают по формулам

$$c_{1p} = \frac{\pi D_1 n}{4} \text{ и } c_{2p} = \frac{\pi D_2 n}{4} \quad (3.2)$$

где n – частота вращения рабочего колеса по паспортным данным насоса,

об/с;

β_1 и β_2 – угол между касательной к лопасти и касательной к окружности колеса в направлении обратном окружной скорости, град.
Величину углов β_1 и β_2 определяют построением (рисунок 3.1).

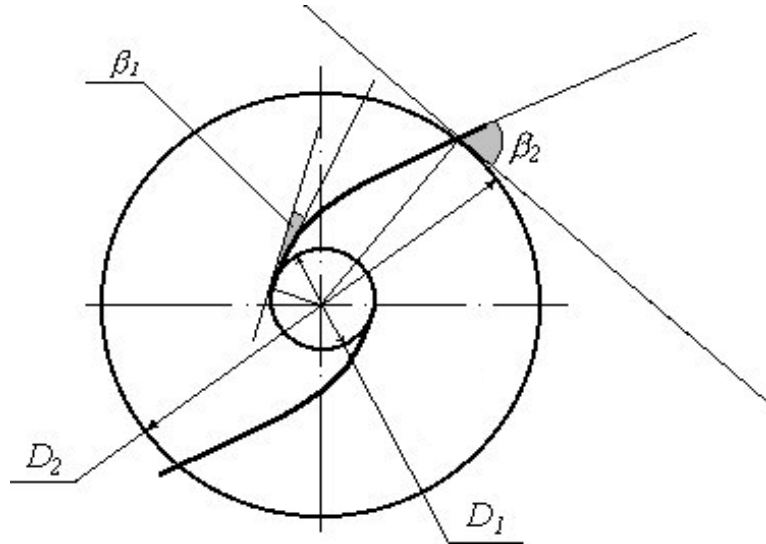


Рисунок 3.1 – Построения для определения углов β_1 и β_2

Производительность объемных насосов вычисляют по общей для всех них формуле

$$V = 60 \frac{\pi}{p} v n \eta_{об}, \quad (3.3)$$

где n – число циклов (ходов или оборотов) в минуту;

v – объем продукта, подаваемого за один цикл (ход или оборот) рабочего органа, м^3 (рассчитывается по геометрическим размерам колеса);

$\eta_{об}$ – объемный к.п.д. насоса (0,65...0,8).

Существуют также формулы, применимые для расчета производительности конкретных типов объемных насосов.

Так производительность шестеренчатого насоса с наружным зацеплением можно рассчитать по формуле

$$V = \frac{\pi}{p} S D_1 S_2 b n \eta_{об}, \quad (3.4)$$

где S – межосевое расстояние, м;

D_1 – диаметр окружности выступов зубчатых колес, м;

b – ширина венца зубчатых колес, м;

n – частота вращения зубчатых колес, об/с.

Мощность электродвигателя (N , кВт) насоса определяется по формуле

$$N = \frac{V_p \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta_m}, \quad (3.5)$$

где Δp – давление, необходимое для преодоления гидравлических сопротивлений, Па;

η_m – механический к.п.д. насоса (0,8...0,85).

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Какими особенностями обладают насосы, используемые в молочной промышленности?
2. Какой принцип создания скоростного напора используется в центробежных насосах?
3. Какой принцип положен в работу объемных насосов?
4. Проведите сравнительный анализ формул для определения производительности центробежных и объемных насосов.
5. Как изменится производительность центробежного насоса при возрастании гидравлического сопротивления на нагнетательном патрубке?
6. От чего зависит объемный и механические коэффициенты полезного действия насосов?
7. Изобразите и поясните характеристику центробежного насоса.
8. Перечислите основные эксплуатационные требования к насосам.

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.
3. Волчков И. И., Волчков В. И. Насосы для молока и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 208 с.
4. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
5. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

ПЛАСТИНЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ ДЛЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

1 Цель и содержание

Изучение устройства и принципа действия пластинчатой пастеризационно-охладительной установки для молока. Освоение методики её расчета.

2 Теоретическое обоснование

Пластинчатые теплообменники используют в качестве охладителей, подогревателей молочного сырья перед сепарированием или сквашиванием, но наиболее эффективным следует считать использование этих аппаратов в составе универсальных пастеризационно-охладительных установок.

Пастеризационно-охладительные установки различного назначения отличаются друг от друга количеством секций пластинчатого теплообменника, наличием в их составе сепараторов-молокоочистителей, а также гомогенизатора и выдерживателя.

Основным конструктивным элементом пластинчатого аппарата является теплопередающая пластина. Пластина имеет сложную форму поверхности теплообмена. От формы поверхности в большой степени зависит интенсивность теплоотдачи и, следовательно, эффективность работы аппарата.

Прокладки на пластинах располагают так, что через одни отверстия продукт или тепло- хладоноситель может попасть в зазор между пластинами, а через другие – не может. Это и обеспечивает чередование зазоров, по которым движется продукт и тепло- или хладоноситель. Поэтому принято условно называть пластины левого и правого типов, исходя из расположения прокладок.

Существуют три основных варианта компоновки каналов (зазоров) между пластинами для тепло- или хладоносителя, на основе которых создаются другие: симметричная, однопакетная и разнопакетная.

При симметричной компоновке число каналов для продукта и тепло-

или хладоносителя одинаково и пластины взаимно скомпонованы в пакетах. В этом случае продукт и тепло- или хладоноситель проходят последовательно, но одинаковое число пакетов.

При однопакетной компоновке все каналы пакетов для тепло- или хладоносителя соединены параллельно и образуют один общий пакет, охватывающий зону всех пакетов для продукта. При такой компоновке тепло- или хладоноситель проходит только один пакет.

При разнопакетной компоновке число пакетов со стороны тепло- или хладоносителя и число пакетов со стороны продукта различны.

Компоновку пакетов в одной секции аппарата обозначают дробью. В числителе указываются цифры количества параллельных межпластинных каналов; число цифр указывает количество пакетов, последовательно соединенных по ходу движения продукта.

В знаменателе дроби стоят цифры, обозначающие число каналов в пакете, количество цифр обозначает число пакетов последовательно соединенных со стороны движения тепло- или хладоносителя.

Несколько пакетов, связанных одним продуктом и одним тепло- или хладоносителем, образуют секцию. Пластинчатые теплообменники, применяемые в молочной промышленности, имеют одну, две, три, четыре и даже пять секций.

3 Аппаратура и материалы

Лабораторная пастеризационно-охладительная установка ОПФ-1, инструмент и приспособления для разборки пластинчатого теплообменника.

4 Указание по технике безопасности

При разборке пластинчатого теплообменника соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей. Остерегаться возможных порезов рук об острые кромки пластин.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип действия лабораторной пастеризационно-охладительной установки ОПФ-1.

2. Составить технологическую схему установки (включая систему водоподготовки) с указанием направления движения жидкостей.

3. Построить температурный график установки, используя следующие исходные данные:

$t_1 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – начальная температура молока;

$t_3 = 76\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура пастеризации;

$\varepsilon = 0,8$ – коэффициент рекуперации тепла;

$t_{\text{нх}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – начальная температура холодной воды;

$t_{\text{нг}} = 78\text{ }^{\circ}\text{C}$ – начальная температура горячей воды;

$t_{\text{нл}} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ – начальная температура ледяной воды;

$t_6 = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – конечная температура молока;

$n_{\text{г}} = 5$ – кратность подачи горячей воды;

$n_{\text{в}} = 5$ – кратность подачи холодной воды;

$n_{\text{л}} = 5$ – кратность подачи ледяной воды,

а также определив недостающие температуры:

$t_2 = t_1 + (t_1 - t_3) \cdot \varepsilon$ – молока после секции рекуперации;

$t_4 = t_1 + t_3 - t_2$ – молока на входе в секцию водяного охлаждения;

$t_5 = t_{\text{нв}} + 2$ – молока на входе в секцию охлаждения ледяной водой;

$t_{\text{кг}} = \frac{(t_3 + t_2)}{2}$ – горячей воды на выходе;

М

$c_{\text{г}}$

■

$n_{\text{г}}$

$t_{\text{кв}}$

●

$t_{\text{нв}}$

(t_4

t_5

)

М

$c_{\text{в}}$

■

$n_{\text{в}}$

ХОЛ

ОД

НО

Й

ВО

Д

Ы

НА

В

Ы

ХО

ДЕ

;

$t_{\text{кл}}$

●

$t_{\text{нл}}$

(t_5

t_6)

М

$c_{\text{л}}$

■

$n_{\text{л}}$

5

ЛЕДЯНОЙ ВОДЫ НА ВЫХОДЕ,

где c_m , c_g , c_v , c_l — соответственно удельная теплоемкость молока, горячей, холодной и ледяной воды, Дж/(кг·К) (таблица 4.1).

4. Разобрать пластинчатый теплообменник и составить схему компо-

новки пластин по секциям (по заданию преподавателя), написать формулу компоновки.

5. Выполнить проверочный расчет заданной секции, используя следующие данные:

$M \bullet 1 \text{ м}^3 / \text{ч}$ – производительность установки;

$f \bullet 0,146 \text{ м}^2$ – площадь поверхности теплообменной пластины;

$h \bullet 0,002$ – зазор между пластинами;
м

$b \bullet 0,2$ – ширина рабочей части пластины;
м

$\delta \bullet 0,0012$ – толщина пластины.
м

Поверхность теплопередачи секции ($F, \text{м}^2$) может быть определена по формуле

$$F \bullet f \cdot n, \quad (4.1)$$

где n – число пластин в секции (не учитываются крайние пластины, примыкающие к плитам), шт.

Скорость движения продукта ($w, \text{м/с}$) в каналах между пластинами будет равна

$$w \bullet \frac{M}{3600 \cdot b \cdot h \cdot m}, \quad (4.2)$$

где m – число каналов в пакете (определяется из компоновки).

Скорость движения ($w_{\square}, \text{м/с}$) тепло- или хладоносителя в каналах между пластинами можно рассчитать по формуле

$$w \bullet \frac{M \cdot n'}{3600 \cdot b \cdot h \cdot m'}, \quad (4.3)$$

где n' – кратность подачи соответствующего тепло- или хладоносителя;

m' – число каналов в пакете для соответствующего тепло- или хладоносителя.

Для определения коэффициентов теплоотдачи используют критериальное уравнение, которое для ленточно-поточной пластины будет иметь следующий вид

$$Nu = 0,1 Re^{0,7} Pr^{0,25} \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{1/4} \quad (4.4)$$

где Re – критерий подобия Рейнольдса;

Pr – критерий подобия Прандтля.

В свою очередь

$$Re = \frac{w \cdot 2h}{\nu}, \quad (4.5)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, m^2/s (таблица 4.1),

$$Pr = \frac{c \cdot \rho \cdot \nu}{\lambda}, \quad (4.6)$$

где ρ – плотность жидкости, kg/m^3 ;

λ – коэффициент теплопроводности жидкости, $W/(m \cdot K)$.

Справочные величины выбирают из таблицы 4.1 по средней темпера-

туре жидкости в секции. Отношение $\frac{Pr}{Pr_{ст}}$ можно принять равным 1,05

$$\frac{Pr}{Pr_{ст}}$$

для стороны нагревания и равным 0,95 для стороны охлаждения продукта.

Тогда коэффициенты теплоотдачи ($W/(m^2 \cdot K)$) можно определить по формуле

$$\alpha_{1,2} = \frac{Nu_{1,2} \cdot \lambda}{2 \cdot h}, \quad (4.7)$$

Коэффициент теплопередачи (K , $W/(m^2 \cdot K)$) рассчитывают по формуле для плоской стенки

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (4.8)$$

где $\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности материала пластины (нержавеющая сталь).

По температурному графику необходимо определить большую (t_6) и меньшую (t_m) температуры и рассчитать среднюю разность температур по формулам:

а) если $\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} \geq 2$, то $\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2}$;

б) если $\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} < 2$, то $\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}}$.

(4.9)

Фактическую производительность секции (М, м³/ч) можно рассчитать по формуле

$$M = \frac{3600 \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}}{c_{\text{м}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})}, \quad (4.10)$$

где $t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ – начальная и конечная температуры молока в секции, °С.

Сравните полученный результат с заданным значением производительности установки.

Таблица 4.1 – Теплофизические показатели жидкостей

Жид- кость	Параметр	Значение при температуре, °С								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
Молоко цельное	c , Дж/(кг·°С)	3615	3853	3855	3856	3859	3864	3869	3879	3893
	ρ , кг/м³	1102	1033	1027	1023	1019	1015	1010	1004	999
	λ , Вт/(м·°С)	0,518	0,531	0,542	0,553	0,564	0,575	0,586	0,597	0,608
	α , 10⁶, м²/с	2,780	2,393	1,741	1,299	1,020	0,837	0,703	0,617	0,571
Вода	c , Дж/(кг·°С)	4230	4190	4190	4180	4180	4180	4180	4190	4200
	ρ , кг/м³	999,9	999,7	998,2	995,7	992,2	988,1	988,2	977,8	971,8
	λ , Вт/(м·°С)	0,550	0,575	0,600	0,618	0,635	0,647	0,660	0,667	0,675
	α , 10⁶, м²/с	1,789	1,306	1,006	0,805	0,659	0,556	0,478	0,415	0,365

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Дайте описание конструкции теплообменной пластины.
2. Что представляет собой симметричная, однопакетная и разнопакетная компоновка пластин?
3. Как составляется формула компоновки?
4. Какое критериальное уравнение используется для расчета процесса теплоотдачи в пластинчатом теплообменнике?
5. Запишите уравнение для определения коэффициента теплопередачи для плоской стенки.
6. Как конструкция пластин влияет на интенсификацию процесса теплопередачи?
7. Чем отличаются ПОУ для питьевого молока, сливок, для производства кисломолочных напитков, смесей мороженого?
8. Каково назначение выдерживателя?
9. Как обеспечивается герметичность теплообменника?
10. Укажите пути совершенствования пластинчатых теплообменников.

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.
3. Волчков И. И. Теплообменные аппараты для молока и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 216 с.
4. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
5. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

ТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

1 Цель и содержание

Изучение устройства и принципа действия изучение устройства и принципа действия трубчатых теплообменников для молока и молочных продуктов. Освоение методики их расчета.

2 Теоретическое обоснование

Среди множества существующих конструкций теплообменных аппаратов в молочной промышленности нашли применение следующие типы теплообменников: трубчатые (кожухотрубные), двухтрубные (типа «труба в трубе»), пластинчатые, с теплообменной рубашкой, змеевиковые, спиральные, вальцовые, шнековые, роторные (скребковые), а также пароконтактные.

Выбор типа теплообменного аппарата зависит от принятого теплового процесса для данного продукта и технических и эксплуатационных данных аппарата.

Трубчатые аппараты используют, например, для пастеризации молока и сливок при высоких температурах. Недостатком трубчатых аппаратов являются их большие размеры по сравнению, например, с пластинчатыми и, как правило, отсутствие регенерации тепла.

Основной особенностью трубчатых (кожухотрубных) теплообменников, применяемых в молочной промышленности, следует считать, то, что количество ходов по трубному пространству в них равно количеству труб. Это достигается конструкцией трубных решеток, на которых теплообменные трубки попарно соединены специальными проточками. В некоторых конструкциях проточки выполнены на крышках.

К особенностям рассматриваемых трубчатых теплообменников следует отнести также то, что теплообменники являются горизонтальными и имеют шарнирно установленные крышки, что должно обеспечить удаление из аппарата остатков продукта, удобство очистки и мойки теплообменных труб.

Исходя из условий теплообмена и эксплуатации аппарата, пар направляется в межтрубное пространство, а нагреваемая жидкость (молоко) в трубах.

3 Аппаратура и материалы

Лабораторная установка Т1-ОУН, штангенциркуль, инструмент и приспособления для разборки теплообменника.

4 Указание по технике безопасности

При проведении замеров соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей установки.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип действия лабораторной трубчатой теплообменной установки. Выполнить эскизы размещения труб на трубных решетках. Определить длину, внутренний диаметр и количество труб. Выполнить схему, поясняющую последовательность движения продукта.

2. Выполнить принципиальную схему трубчатого теплообменника и описать ее.

3. Построить температурный график установки. Начальная температура молока - $t_n = 10^\circ\text{C}$, конечная - $t_k = 85^\circ\text{C}$ и температура пара $t_n = 105^\circ\text{C}$.

4. Выполнить поверочный расчет производительности трубчатой пастеризационной установки.

Средняя разность температур определяется по формуле:

$$t_{cp} = \frac{t_{\delta} - t_m}{2,3 \lg \frac{t_{\delta}}{t_m}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5.1)$$

где t_{δ} и t_m - большая и меньшая разности температур (взять из температурного графика установки), $^\circ\text{C}$.

Теплопередающая поверхность теплообменника:

$$F = \pi d_g l n, \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

где d - внутренний диаметр труб, м;

L - длина труб, м;

n - количество труб в обоих цилиндрах теплообменника.

Скорость движения продукта внутри труб:

$$w = \frac{4 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n}, \text{ м/с}, \quad (5.3)$$

где G - производительность теплообменника, кг/ч;

ρ - плотность продукта (определяется по его средней температуре, кг/м³).

Для турбулентного режима движения жидкости ($Re \geq 10000$) определяют

α_2 по критериальному уравнению:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}, \quad (5.4)$$

где Re - критерий Рейнольдса;

Pr - критерий Прандтля.

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}, \quad (5.5)$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости продукта, м²/с.

$$Pr = \frac{c \cdot \rho \cdot \nu}{\lambda}, \quad (5.6)$$

где ρ - плотность продукта, кг/м³;

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Справочные величины выбирают по средней температуре продукта (таблица 4.1).

Определив критерии Re и Pr , находят значение критерия Nu и по нему вычисляют коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (5.7)$$

Коэффициент теплоотдачи находят по формуле, полученной из критериального уравнения, описывающего теплоотдачу при обогреве водяным паром:

термиального уравнения, описывающего теплоотдачу при обогреве водяным паром:

$$\alpha_1 = 1,28 \cdot \frac{A_T}{d_n \cdot t_1}, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}, \quad (5.8)$$

где d_n - наружный диаметр трубы ($d_n = d_e + 2 \cdot \delta_{cm}$, δ_{cm} - толщина стенки трубы, принять равной 2 мм), м;

t_1 - разность температур пара и наружной стенки, °С.

$$t_1 = t_n - t_{cm}, \text{ °С};$$

A_T - эмпирический коэффициент, зависящий от температуры пара (таблица 5.1);

β - эмпирический коэффициент, учитывающий ухудшение теплоотдачи в пучке труб по сравнению с одной трубой ($\beta = 0,8$).

Таблица 5.1 - Значения коэффициента A_T .

$t, \text{ °С}$	100	110	120	130
	6960	7100	7240	7420

Коэффициент теплопередачи определяют по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{заг}}{\lambda_{заг}}}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \quad (5.9)$$

где $\delta_{заг}$ - толщина слоя загрязнения ($\delta_{заг} = 1 \cdot 10^{-4}$ м), м;

λ_{cm} - коэффициент теплопроводности материала трубы (нержавеющая сталь), Вт/(м·К);

$\lambda_{заг}$ - коэффициент теплопроводности слоя загрязнения, Вт/(м·К).

Ввиду того, что в уравнении (5.8) величина неизвестна, задаются несколькими значениями:

$$t_1' = 0,1 \cdot t_{cp}, \quad t_1'' = 0,15 \cdot t_{cp}, \quad t_1''' = 0,2 \cdot t_{cp},$$

определяют соответствующие значения α_1 , а затем из уравнения (5.9) - коэффициент теплопередачи k .

После этого определяют величину удельного теплового потока:

$$q = \alpha_1 \cdot t_1, \text{ Вт/м}^2 \quad (5.10)$$

и величину общего температурного напора:

$$t_k \bullet \frac{q}{k}, ^\circ\text{C} \quad (5.11)$$

Вычисления сводят в таблицу 5.2.

Таблица 5.2.

Определяемая величина	Размерность	Температурный напор, °C		
		$t_{\text{ж}} - t_{\text{к}}$ l	$t_{\text{ж}}' - t_{\text{к}}'$ l	$t_{\text{ж}}'' - t_{\text{к}}''$ l
$\checkmark l$	ВТ/(м ² ·К)			
k	ВТ/(м ² ·К)			
q	ВТ/м ²			
$t_{\text{ж}} - t_{\text{к}}$	°C			

Строится нагрузочная характеристика в виде графика $t_{\text{ж}} - t_{\text{к}} \text{ } f q$ и по известной величине $t_{\text{ж}} - t_{\text{к}} \text{ }_p$ определяется значение удельного теплового потока q .

Тогда коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$k \bullet \frac{q}{t_{\text{ж}} - t_{\text{к}} \text{ }_{cp}}, \text{ ВТ/(м}^2\cdot\text{К)}. \quad (5.12)$$

Фактическая производительность теплообменника равна:

$$G \bullet \frac{k \text{ } F \text{ } (t_{\text{ж}} - t_{\text{к}} \text{ }_{cp})}{c \text{ } (t_{\text{ж}} - t_{\text{к}} \text{ }_n)}, \text{ кг/с}. \quad (5.13)$$

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Какие технологические требования предъявляются к оборудованию для тепловой обработки молока и жидких молочных продуктов
2. Какие теплообменники применяют в молочной промышленности и

как они классифицируются?

3. В чем специфическая особенность трубчатых теплообменников, применяемых в молочной промышленности?
4. Как загрязнение поверхности теплообменных труб влияет на интенсивность теплопередачи?
5. Какие элементы входят в состав трубчатой пастеризационной установки?
6. Укажите пути совершенствования трубчатых теплообменников.

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.
3. Волчков И. И. Теплообменные аппараты для молока и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 216 с.
4. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
5. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

ГОМОГЕНИЗАТОР ДЛЯ МОЛОКА

1 Цель и содержание

Изучение устройства и принципа действия гомогенизаторов для молока и жидких молочных продуктов с клапанной гомогенизирующей головкой. Освоение методики расчета плунжерного гомогенизатора.

2 Теоретическое обоснование

Процесс гомогенизации молочных эмульсий следует рассматривать как двухстадийный: на первой стадии происходит дробление крупных жировых шариков, а на второй – образование новых белковых оболочек на шариках уменьшенного размера и предотвращение, тем самым, дестабилизации молочного жира.

Основным типом гомогенизаторов для молока и жидких молочных продуктов являются плунжерные гомогенизаторы с гомогенизирующей головкой клапанного типа.

Гомогенизаторы клапанного типа предназначены для дробления жировых шариков в молоке и жидких молочных продуктах температурой 45...85°C и кинематической вязкостью не более $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Принцип действия гомогенизаторов клапанного типа сводится к тому, что эмульсия под большим давлением продавливается через узкую клапанную щель, где и происходит дробление жировых шариков. При входе в клапанную щель скорость движения гомогенизируемой жидкости резко возрастает. Если скорость потока на подходе к щели составляет несколько метров в секунду, то скорость в клапанной щели превышает сотни метров в секунду.

В зоне резкого и большого изменения скорости жировая частица вытягивается, и от нее отрываются малые частицы, величина которых зависит от величины давления гомогенизации.

Высокое давление в гомогенизаторе создается плунжерным насосом.

3 Аппаратура и материалы

Гомогенизатор ОГБ-М, установленный в лаборатории оборудования молочной промышленности, штангенциркуль.

4 Указание по технике безопасности

При проведении замеров необходимо соблюдать осторожность, исключать падение узлов и деталей.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить и описать устройство и принцип действия гомогенизатора ОГБ-М, установленного в лаборатории, выполнить кинематическую схему привода гомогенизатора.

2. Разобрать гомогенизирующую головку, выполнить эскиз основных деталей. Определить основные геометрические размеры деталей головки, диаметр клапана, внутренний и наружный диаметры седла, количество витков пружины, диаметр проволоки и средний диаметр витка пружины.

3. Выполнить технологический расчет лабораторного гомогенизатора, определив: производительность, мощность привода, размер жировых шариков после гомогенизации, разность температур до и после гомогенизации молока.

Для расчета, кроме измеренных параметров, использовать следующие исходные данные:

$S = 0,052$ м – ход плунжера;

$d = 0,026$ м – диаметр плунжера;

$n = 280$ об/мин – частота вращения коленчатого вала;

$p = 20$ МПа – давление гомогенизации;

$\eta = 0,8$ – коэффициент полезного действия (объемный к.п.д.).

4. По геометрическим размерам деталей гомогенизирующей головки рассчитать высоту клапанной щели и определить производительность гомогенизатора.

Объемная производительность гомогенизатора (M , м³/ч) как плунжерного насоса можно определить по формуле

$$M = 60 \frac{\pi d^2 S n z}{4}, \quad (6.1)$$

где z – число плунжеров ($z = 3$).

Мощность привода гомогенизатора (N , кВт) определяется по формуле

$$N = \frac{\pi p M}{3600 \eta_m}, \quad (6.2)$$

где M – производительность гомогенизатора, м³/ч;

p – давление гомогенизации, Па;

$\eta_m = 0,75$ – механический к.п.д. привода.

Нагрев молока в процессе гомогенизации (разность температур (Δt , °C) до и после гомогенизации молока) определяют по формуле

$$\Delta t = \frac{\Delta p}{\alpha c}, \quad (6.3)$$

где ρ – плотность молока при 60 °C (1011 кг/м³);

c – теплоемкость молока при 60 °C, $c = 3840$ Дж/кг·°C.

Средний диаметр жирового шарика (d_{cp} , мкм) после гомогенизации

$$d_{cp} = \frac{3,8}{\sqrt{p}}, \quad (6.4)$$

где p – давление гомогенизации, МПа.

Рабочее усилие (P , Н), действующее на пружину при создании необходимого давления гомогенизации, будет равно

$$P = \frac{0,025 \pi d^2 \sigma_{max}}{8 k C_n}, \quad (6.5)$$

где d – диаметр проволоки пружины, м;

σ_{max} – максимальные касательные напряжения, возникающие при сжатии пружины ($\sigma_{max} = 200 \div 300 \cdot 10^6$ Па);

C_n – индекс пружины, определяется по формуле:

$$C_n \bullet \frac{d}{D};$$

D – средний диаметр витков пружины, м;

$$k \bullet \frac{4C_n l}{4\tilde{C}_n l} \text{ поправочный коэффициент.}$$

Площадь сечения клапанной щели (f , м²) можно рассчитать по формуле

$$f \bullet \frac{\Delta p}{P}. \quad (6.6)$$

$$\frac{\Delta p}{10^6}$$

Скорость продукта (w , м/с) в клапанной щели будет равна

$$w \bullet \frac{2}{\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}}, \quad (6.7)$$

где $\mu = 0,9$ – коэффициент истечения.

Тогда объемная производительность гомогенизатора может быть определена по формуле

$$M \bullet w \mu f. \quad (6.8)$$

Сравните полученный результат с результатом расчета по формуле (6.1).

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Из каких стадий состоит процесс гомогенизации молока?
2. Опишите принцип действия гомогенизаторов клапанного типа.
3. Как можно определить производительность гомогенизатора?
4. Как давление гомогенизации влияет на средний диаметр жирового шарика после обработки?

5. Как изменяется температура продукта в процессе гомогенизации и почему?
6. Как можно снизить энергоемкость плунжерных гомогенизаторов с клапанной гомогенизирующей головкой?
7. Какие типы гомогенизаторов, кроме плунжерных, применяют в молочной промышленности?
8. Какие требования необходимо соблюдать при пуске гомогенизатора в работу и при его остановке?

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.
3. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
4. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ

1 Цель и содержание

Изучение конструкций ультрафильтрационных установок для молочного сырья и методики их расчета.

2 Теоретическое обоснование

Ультрафильтрация – метод мембранного разделения при осуществлении, которого на мембране задерживаются высокомолекулярные органические соединения. Размеры пор ультрафильтрационных мембран 0,01...0,1 мкм. Движущая сила процесса ультрафильтрации – разность давлений.

Для ультрафильтрации используют аппараты типа «фильтр-пресс», а также аппараты с цилиндрическими и рулонными фильтрующими элементами.

Схема конструкции и работы модуля типа «фильтр-пресс», используемой в составе ультрафильтрационной установки для выделения белков из подсырной сыворотки показана на рисунке 7.1.

3 Аппаратура и материалы

Лабораторный ультрафильтрационный модуль, штангенциркуль.

4 Указание по технике безопасности

При проведении замеров соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей ультрафильтрационного модуля.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Разобрать лабораторный ультрафильтрационный модуль. Составить принципиальную схему компоновки фильтрующих элементов с указанием движения продукта и фильтрата.

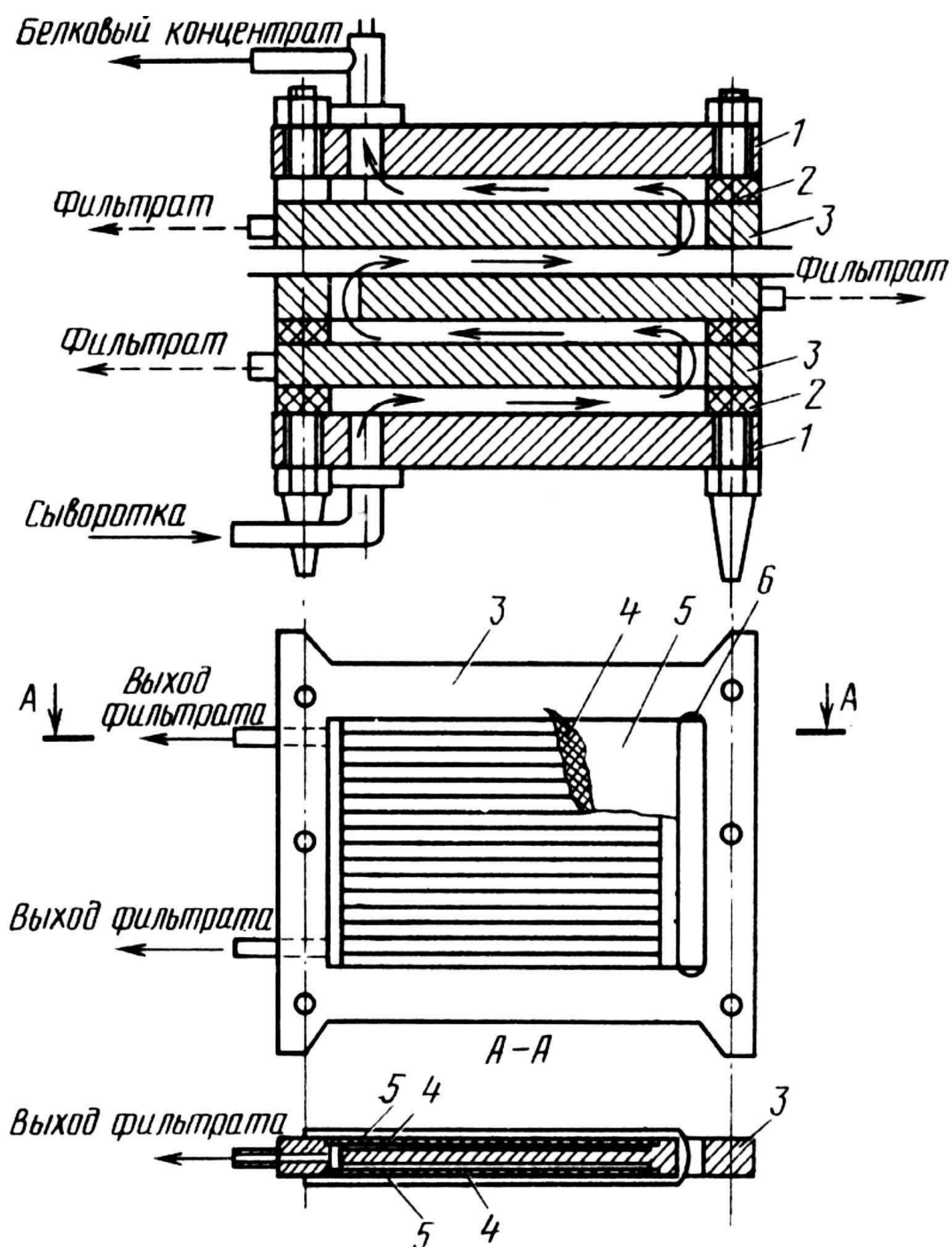


Рисунок 7.1 – Принцип действия модуля ультрафильтрационной установки типа «фильтр- пресс»: 1 – прижимные плиты; 2 – прокладка; 3 – опорная пластина; 4 – дренаж; 5 – мембрана; 6 – уплотнительная вставка

2. Произвести измерение параметров модуля:

- длины канала - l (м);
- ширины канала - S (м);
- высоты канала - h (м);
- числа фильтрующих элементов - k .

3. Произвести расчет производительности лабораторного модуля для обезжиренного молока при разных значениях концентрации белков на выходе из фильтра.

4. Используя выполненные расчеты, построить зависимость производительности ультрафильтрационного модуля от степени сгущения обезжиренного молока ($\frac{C_2}{C_1}$).

Производительность одного канала (M , м³/с) определяется по формуле

$$M = \frac{\sqrt{1-S}}{(C_2 - C_1) \cdot 10^6} \cdot \frac{C_1^{0.6} - C_2^{0.6}}{0.6}, \quad (7.1)$$

где $\sqrt{}$ и 10^6 – коэффициенты ($\sqrt{} = 17,32 \cdot 10^6$; $0.6 = 0,6 \cdot 10^6$);

C_1 - концентрация белков обезжиренного молока на входе в фильтр, %;

C_2 - концентрация белков обезжиренного молока на выходе из фильтра, %.

Для обезжиренного молока $C_1 = 3$ %; а $C_2 = 6; 9; 12$ и 15 %.

Тогда общая производительность ультрафильтрационного модуля ($M_{об}$, м³/с) будет равна

$$M_{об} = k \cdot M, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (7.2)$$

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Дайте определение процессу ультрафильтрации. Какое молочное сырьё может обрабатываться этим методом?

2. Какие мембраны используют в ультрафильтрационных установках? Изобразите анизотропную структуру полимерной мембраны.

3. Почему ультрафильтрационные аппараты выполняют проточными и как скорость течения влияет на результат процесса?
4. Что такое избирательная способность мембран и как определяется величина селективности?
5. Какие аппараты применяют для ультрафильтрации? Изобразите их схемы.
6. Как степень сгущения влияет на производительность ультрафильтрационного модуля?
7. Какие ещё мембранные методы используют для обработки молочного сырья?
8. Изобразите схему комплексного использования мембранных методов для обработки молочного сырья.

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.
3. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.
4. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.

СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

1 Цель и содержание

Изучение конструкции и принципа действия сепараторов для молока и молочных продуктов.

2 Теоретическое обоснование

Сепарирование в молочной промышленности – процесс разделения суспензий и эмульсий под действием центробежных сил в тонком слое, образованном зазором между тарелками.

Различают сепараторы-осветлители, сепараторы-разделители, а также комбинированные сепараторы (осветлители-разделители).

Движение сепарируемой жидкости в барабане специфично для каждого типа сепараторов. Частица, двигаясь в межтарелочном пространстве, предположительно совершает две стадии движения: первую – до достижения поверхности тарелки и вторую – по поверхности тарелки до выхода из межтарелочного пространства.

Сепаратор состоит из станины с приводным механизмом, барабана и приемно-отводящего устройства.

Барабан сепаратора с ручной периодической выгрузкой осадка состоит из основания, крышки, большого затяжного кольца, тарелкодержателя, малого затяжного кольца и пакета тарелок. Герметизация стыка основания барабана с крышкой создается резиновым уплотнительным кольцом, вложенным в кольцевой паз крышки.

Пакет тарелок устанавливается на тарелкодержателе. В верхней части барабана имеется одна (осветлитель) или две (разделитель) напорные камеры.

Расположенный в станине барабана приводной механизм состоит из электродвигателя, фрикционно-центробежной муфты и винтовой пары.

Верхняя (горловая) опора вертикального вала (веретена) – упругая, снабженная специальными пружинами.

Приемно-отводящее устройство полугерметичного сепаратора состоит из подводящих коммуникаций, центральной трубки и одного (осветлитель) или двух (разделитель) напорных дисков. Регулирование количества жидких фракций, выходящих из сепаратора осуществляется вентилями, установленными на соответствующих коммуникациях.

3 Аппаратура и материалы

Сепараторы, установленные в лаборатории оборудования молочной промышленности, штангенциркуль.

4 Указания по технике безопасности

При разборке барабанов сепараторов соблюдать осторожность, не допускать падение узлов и деталей. Остерегаться возможных порезов рук об острые кромки тарелок.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Выполнить схему классификации сепараторов, применяемых в молочной промышленности.
2. Выполнить схемы барабанов сепаратора-осветлителя и сепаратора-разделителя, показать направления движения жидкостей, описать отличительные особенности барабанов этих сепараторов.
3. Выполнить схемы, показывающие движение жирового шарика в межтарелочном пространстве.
4. Выполнить кинематическую схему приводного механизма сепаратора.
5. По заданию преподавателя разобрать барабан одного из установленных в лаборатории сепараторов, определить следующие параметры:
z – количество тарелок, шт.;

R_m и R_6 – минимальный и максимальный радиусы образующей тарелки, м;

D_6 – больший диаметр образующей тарелки с учетом отбортовки, м;

H – высоту тарелки, м;

α – угол наклона образующей тарелки, град, по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{H}{R_6 - R_m};$$

h – межтарелочный зазор (высоту планок или шипиков), м;

h_T – толщину тарелки, м;

D – внутренний диаметр барабана, м.

6. По замеренным параметрам рассчитать теоретическую производительность сепаратора (сливкоотделителя или молокоочистителя) и сравнить ее с паспортной; определить время непрерывной работы сепаратора при его теоретической производительности.

Теоретическая производительность сепаратора-сливкоотделителя (M , м³/ч) определяется по формуле

$$M = 48 \cdot 10^6 \cdot \eta_{\text{б}} \cdot n^2 \cdot z \cdot \tg \alpha \cdot \frac{R_m^3 - R_6^3}{R_m - R_6} \cdot d^2 \cdot t, \quad (8.1)$$

где $\eta_{\text{б}}$ – технологический к.п.д. сепаратора (принимается

0,7...0,75); n – частота вращения барабана сепаратора, об/с;

t – температура сепарирования, °С (принимается равной 40 °С);

d – диаметр жирового шарика, м (принимается равным $1 \cdot 10^{-6}$ м).

Теоретическая производительность сепаратора-молокоочистителя (M , м³/ч) определяется по формуле

$$M = 12 \cdot 10^7 \cdot n^2 \cdot z \cdot \tg \alpha \cdot \frac{R_m^3 - R_6^3}{R_m - R_6} \cdot d^2 \cdot t, \quad (8.2)$$

где d – диаметр расчетной частицы загрязнений, м ($d = 1,3 \dots 1,8$ мкм).

Время непрерывной работы сепаратора (τ , ч) определяется по формуле

$$\tau = \frac{100 \cdot V}{M \cdot c_0}, \quad (8.3)$$

где M – производительность сепаратора, м³/ч;

V – объем грязевого пространства сепаратора, м^3 ;

c_o – содержание осадка в сепарируемой жидкости, % (принять для молокоочистителей 0,03 и 0,05%; для сливокоотделителя 0,02 и 0,03%).

Объем грязевого пространства барабана сепаратора с цилиндрическим основанием вычисляется по формуле

$$V = \frac{\pi}{4} H_{\pi} (D_{\pi}^2 - D_{\text{ш}}^2), \quad (8.4)$$

где H_{π} – высота пакета тарелок ($H_{\pi} = z - h_{\text{т}} - \frac{1}{2} h$), м.

6 Содержание отчета и его форма

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в специальной тетради или листах формата А4. В отчете указывается цель и содержание работы, аппаратура и материалы, а также выполняются все задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями.

7 Контрольные вопросы и защита работы

1. Изобразите схему движения сепарируемой жидкости в межтарелочном пространстве сепаратора-осветлителя и сепаратора-разделителя.

2. Как конструктивные параметры барабана сепаратора влияют на производительность сепаратора?

3. Как технологические факторы (температура и кислотность молока) влияют на процесс обезжиривания и центробежной очистки?

4. Дайте описание особенностям конструкции сепараторов различного назначения:

- молокоочистителя с ручной периодической выгрузкой осадка;
- молокоочистителя с центробежной периодической выгрузкой осадка;
- для высокожирных сливок;
- творожного.

5. Какие типы приемно-отводящих устройств используют в конструкциях молочных сепараторов? Изобразите их схемы.

6. Как осуществляют регулирование жирности сливок в сепараторах с приемно-отводящим устройством полугерметичного типа?

7. Какая зависимость существует между жирностью сливок и содержанием жира в обезжиренном молоке и как снижать последнее?

8 Литература

1. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2005. – 400 с.

2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн./ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 1384 с.

3. Липатов Н. Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.

4. Липатов Н. Н. Сепарирование в молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 400 с.

5. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

6. Чеботарев Е. А. Оборудование для разделения жидких неоднородных систем в молочной промышленности. – Ставрополь: СтПИ, 1991. – 60 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания по организации самостоятельной работы
по дисциплине
Технологическое оборудование пищевой промышленности**

Направление подготовки	19.03.03 Продукты питания животного происхождения
Направленность (профиль)	Пищевая инженерия и продуктивное программирование

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
1 Общая характеристика самостоятельной работы.....	
2 План-график выполнения самостоятельной работы.....	
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	
4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	
5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой.....	
Список рекомендуемой литературы.....	

ВВЕДЕНИЕ

Освоение программы дисциплины предполагает освоение теоретических знаний и формирование навыков их практического применения.

Самостоятельная работа студентов – важнейшая составная часть занятий, необходимая для полного усвоения программы курса.

Целью самостоятельной работы является закрепление и углубление знаний, полученных студентами на лекциях, подготовке к текущим лабораторным работам, промежуточным формам контроля знаний и к итоговому контролю.

Дидактические цели самостоятельных занятий:

- формирование профессиональных умений;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению дисциплины;
- развитие самостоятельности мышления;
- формирование убежденности, волевых черт характера, способности к самоорганизации.

Методическое обеспечение самостоятельной работы дисциплине состоит из:

- определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;
- подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;
- поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;
- определения контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;
- организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у студентов затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

Самостоятельная работа студента – это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как: уяснение цели и поставленной учебной задачи; четкое и системное планирование самостоятельной работы; поиск необходимой учебной и научной информации; освоение собственной информации и ее логическая переработка; проведение самоанализа и самоконтроля.

Основные виды самостоятельных работ по учебной дисциплине:

работа с понятийным аппаратом; поисковая работа с различными источниками; составление аннотированного списка литературы по проблеме.

Контроль знаний студентов включает формы текущего и итогового контроля.

Текущий контроль осуществляется в процессе изучения курса и включает в себя оценку работы студентов на лабораторных работах.

1	Общая	характеристика	самостоятельной	работы
---	-------	----------------	-----------------	--------

Целью изучения дисциплины «Технологическое оборудование пищевой промышленности» является формирование профессиональных компетенций будущего бакалавра в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.03 -Продукты питания животного происхождения, направленность (профиль) – Биотехнология и технологии.

Задачи дисциплины состоят в изучении на базе фундаментальных законов физики и химии общих процессов, протекающих в различных пищевых производствах, изучении современных аппаратов, общих методов их расчёта, путей рационализации процессов, выбора оптимальных конструкций аппаратов в конкретных производствах, в освещении основных технических проблем, научных достижений и современных тенденций использования новых физических методов обработки пищевых продуктов в тесной взаимосвязи с вопросами технологии.

Цели и задачи самостоятельной работы. Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- ~ систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- ~ углубление и расширение теоретических знаний;
- ~ формирование умения использовать справочную литературу;
- ~ развитие познавательных способностей и активности студентов:
- ~ творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- ~ формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- ~ развитие исследовательских умений.

Актуальность: Работа выпускника в современных условиях обуславливает необходимость изучения принципиальных подходов к изучению дисциплины. Знания, полученные в рамках изучения дисциплины необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

Виды самостоятельной работы

Рабочей программой по дисциплине предусмотрено самостоятельное изучение материалов в т. ч. по темам лабораторных работ. Для успешного выполнения данного вида работ, необходимо самостоятельно детально изучить материалы представленных тем по рекомендуемым источникам информации.

При изучении материалов по каждой теме необходимо составить краткий конспект наиболее важной информации.

Работа с конспектом лекций.

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попробуйте найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам.

Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе студентов относится подготовка к лабораторным работам по результатам которой студент представляет отчет преподавателю и проходит собеседование.

При самостоятельной подготовке к лабораторной работе студент:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению лабораторных работ;
- изучает информационные материалы;
- подготавливает и оформляет материалы лабораторных работ в соответствии с требованиями.

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

При самостоятельном изучении материалов по представленным темам следует придерживаться приведенного ниже графика:

№ п/п	Темы для самостоятельной проработки материала	Срок изучения материалов
	5 семестр	
1	Тема 1. Общие сведения об оборудовании и его структуре	1 неделя

2	Тема 2. Оборудование для фиксирования, оглушения , убоя животных и съёмки шкур	2 неделя
3	Тема 3. Оборудование для обработки туш скота, мясной ткани, шпика и кости резанием, измельчением и удаления волоса и оперения	3 неделя
4	Тема 4. Оборудование для приема внутренностей туш, обработки субпродуктов и кишечного сырья.	4 неделя
5	Тема 5. Оборудование для сгонки навала, мездрения и посола шкур	5 неделя
6	Тема 6. Оборудование и линии производства пищевых жиров и сухих животных кормов	6 -7 неделя
7	Тема 7. Мясорезательные машины для крупного измельчения мяса и волчки	8 неделя
8	Тема 8. Куттеры	9 -10 неделя
9	Тема 9.Измельчители для тонкого измельчения мяса	11 неделя
10	Тема 10. Мешалки-измельчители и агрегаты для измельчения и посола мяса	11 неделя
11	Тема 11. Оборудование для нарезания шпика и мяса на кусочки и пласты	12 неделя
12	Тема 12. Оборудование для перемешивания мяса и фарша	12 неделя
13	Тема 13.Оборудование для посола мяса	13- неделя
14	Тема 14. Машины для формования мясопродуктов	13 неделя
15	Тема 15. Оборудование для тепловой обработки мясопродуктов	14 неделя
16	Тема 16. Оборудование для убоя и обработки птицы	14 неделя
6 семестр		
1	Тема 1. Общие сведения об оборудовании для переработки молока. Транспортные цистерны и оборудование для приемки	1 неделя
2	Тема 2. Емкости для резервирования. Технологические трубопроводы и арматура	2 неделя
3	Тема 3. Насосы для молока и молочных продуктов	3 неделя
4	Тема 4. Оборудование для тепловой обработки молока и жидких молочных продуктов	4 неделя
5	Тема 5. Пароконтактные теплообменники, дезодораторы и стерилизаторы	5 неделя
6	Тема 6. Фильтры и мембранные фильтрационные аппараты. Гомогенизаторы	6 -7 неделя
7	Тема 7. Сепараторы. Саморазгружающиеся сепараторы	8 неделя
8	Тема 8. Оборудование для производства сливочного масла	9 -10 неделя
9	Тема 9. Оборудование для производства творога и творожных изделий. Оборудование для производства сыра	11 неделя
10	Тема 10. Оборудование для производства сгущенных молочных продуктов	11 неделя
11	Тема 11. Оборудование для производства сухих молочных продуктов	12 неделя
12	Тема 12. Оборудование для производства мороженого	13-14 неделя

3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

При изучении дисциплины у студентов должен вырабатываться рационально-критический подход к изучаемым проблемам и явлениям. Это включает понимание того, что со временем ряд информационных и теоретических материалов устаревает, требуя критического отношения. С другой стороны, каждый текущий вопрос имеет свою историю, которую тоже полезно знать.

Чтобы понять содержание теоретического материала, нужно уметь его прочитывать. Начинать следует с предварительного просмотра, в ходе которого ознакомиться с названием работы, с аннотацией, оглавлением, предисловием. Часто замысел работы ясен уже при ознакомлении с ее названием. Но особенно интересен просмотр оглавления, в результате которого становится ясным развитие мысли автора. Неплохо было бы появившиеся при этом мысли зафиксировать на бумаге.

Просматривая текст оглавления, нужно остановиться на тех главах, которые представляют для вас особенный интерес, бегло ознакомиться с ними, составляя в общих чертах свое представление о них. Цель этого действия – найти места, относящиеся к искомой теме, определив при этом, что ценного в каждом из них.

Следующий этап – прочтение выделенных мест с фиксацией самых главных сведений. При этом надо четко и ясно осознавать цель чтения, постоянно держа ее перед собой: по какому вопросу нужна информация, для чего нужна, ее характер и т.д. необходимо менять режим чтения – от беглого вдумчивого – в зависимости от ценности информации, останавливаясь там, где это требуется для глубокого понимания текста.

Следует научиться определять структуру текста по соподчиненности его частей, учитывая взаимосвязь текста с рисунками, сносками, примечаниями и таблицами. Все это поможет пониманию текста при беглом ознакомлении с ним. Так вырабатывается способность при прочтении сразу понимать смысл и значение новой информации.

Многие книги и статьи имеют в своем аппарате списки литературы, которые дают возможность пополнить информационную осведомленность о дополнительной литературе по данному вопросу.

Отдельный этап прочтения – ведение записей прочитанного. Существует несколько видов записей: план, выписки, тезисы, аннотация, резюме, конспект.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги произведения.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранением логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собирание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

Экономия времени дает использование при записях различного рода сокращений, аббревиатуры и т.д. многие используют для регистрации исследуемых тем систему карточек. Преимущество карточек в том, что тема там излагается очень сжато, и они очень удобны в использовании, т.к. их можно разложить на столе, перегруппировать и без труда найти искомую тему.

4. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой

Работа на лекции является очень важным видом студенческой деятельности для изучения дисциплины «Проектирование предприятий общественного питания», т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов. Лектор ориентирует студентов в действующем законодательстве Российской Федерации и соответственно в учебном материале.

Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. или подчеркивать красной ручкой. Целесообразно разработать собственную символику, сокращения слов, что позволит сконцентрировать внимание студента на важных сведениях. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).

Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на лабораторной работе.

Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.

В процессе подготовки к лабораторной работе студент знакомится с рабочей программой дисциплины, темами и планами лабораторных работ, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины, проводит анализ основной нормативно-правовой и учебной литературы, после чего работает с рекомендованной дополнительной литературой.

Формы организации лабораторных работ определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. При устном выступлении по контрольным вопросам студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно. Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект профессиональных компетенций выпускника.

По окончании занятия студенту следует повторить выводы, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого студенту в течение лабораторной работы следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала студенту следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.

Для подготовки к зачету необходимо выполнить цикл лабораторных работ, тщательно изучить и проанализировать теоретические сведения по каждому виду работ. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования основной и дополнительной литературой, научными статьями, а также ресурсами сети интернет.

Список рекомендуемой литературы

1. Перечень основной литературы:

1. Антипова, Л. В. Технология и оборудование производства колбас и полуфабрикатов : учеб. пособие для вузов / Л. В. Антипова, И. Н. Толпыгина, А. А. Калачев. - Санкт-Петербург : ГИОРД, 2018. - 596 с.
2. Технологическое механическое оборудование мясной отрасли: учебное пособие / Д. В. Хрундин, Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, Г. О. Ежкова. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. - 120 с.
3. Оборудование мясной отрасли для термической обработки / Д.В. Хрундин, Э.Ш. Юнусов, В.Я. Пономарев, Г.О. Ежкова ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : КНИТУ, 2017. – 96 с.
4. Верболоз, Е. И. Технологическое оборудование : учебное пособие для бакалавров и магистров направления 151000 - Технологические машины и оборудование / Е. И. Верболоз, Ю. И. Корниенко, А. Н. Пальчиков. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 205 с.
5. Конспект лекции для изучения дисциплины «Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства». Раздел 1. Технологическое оборудование для обработки и переработки молока. Тема «Основы разделения молока на фракции и конструкции сепараторов-сливкоотделителей» [Электронный ресурс] :. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 46 с.
6. Самосюк В.Г. Технологическое оборудование для производства молока [Электронный ресурс] / В.Г. Самосюк, В.О. Китиков, Э.П. Сорокин. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2013. — 494 с.
7. Алексеев, Г. В. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс] : краткий курс и лабораторные работы / Г. В. Алексеев. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2013. — 73 с.

2. Перечень дополнительной литературы:

1. Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учебник СПб.: Гиорд, 2010, 735 с
2. Технологическое механическое оборудование мясной отрасли: учебное пособие / Д. В. Хрундин, Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, Г. О. Ежкова. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. - 120 с.
3. Богатова О.В. Промышленные технологии производства молочных продуктов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богатова О.В., Догарева Н.Г., Стадникова С.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Проспект Науки, 2014.— 272 с.
4. Ведищев, С.М. Механизация первичной обработки и переработки молока / С.М. Ведищев, А.В. Милованов. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 152 с.
5. Голубева Л.В. Аппаратурное оформление технологических процессов производства молочных консервов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Голубева Л.В., Долматова О.И., Ключникова Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2010.— 57 с.
6. Лисин, П. А. Современное технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов: пастеризационные установки, подогреватели, охладители, заквасочники : справочное пособие / П. А. Лисин, К. К. Полянский, Н. А. Миллер. Под общ. ред. проф. К. К. Полянского – СПб. : ГИОРД, 2011. – 136 с.
7. Решетняк Е.П. Расчет технологического оборудования молочной отрасли с помощью ЭВМ. Методическое пособие для студентов специальности 260303 – «Технология молока и молочных продуктов» [Электронный ресурс]/ Решетняк Е.П., Дидык Т.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2011.— 44 с.

8. Харченко, Г. М. Технологическое оборудование для переработки молока : учебное пособие / Г. М. Харченко. – Новосибирск : НГАУ, 2011. – 204 с.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технологическое оборудование пищевой промышленности», ч.1 (Технологическое оборудование мясной промышленности) для студентов очной форм обучения направления подготовки 19.03.03 - Продукты питания животного происхождения, направленность (профиль) - Биоинженерия и технологии / сост. А.А.Борисенко. – Ставрополь : СКФУ, 2026 [Электронный ресурс].
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технологическое оборудование пищевой промышленности», ч.2 (Технологическое оборудование молочной промышленности) для студентов очной форм обучения направления подготовки 19.03.03 - Продукты питания животного происхождения, направленность (профиль) - Биоинженерия и технологии / сост. Е.А. Шаманаева. – Ставрополь : СКФУ, 2026 [Электронный ресурс].
3. Методические рекомендации по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Технологическое оборудование пищевой промышленности» для студентов очной форм обучения по направлению подготовки 19.03.03 - Продукты питания животного происхождения, направленность (профиль) - Биоинженерия и технологии / сост. А.А.Борисенко, Е.А. Шаманаева. – Ставрополь : СКФУ, 2026, [Электронный ресурс].