

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

## ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*Учебно-методическое пособие  
к выполнению самостоятельной работы*

*для студентов всех форм обучения  
по направлению подготовки  
19.03.02 – Продукты питания из растительного сырья*

Составитель А.В. Ермолаева

Благовещенск  
Издательство  
Дальневосточного государственного аграрного университета  
2018

УДК 664 (075)

ББК 36.81-5я7

П84

*Рецензент – Кетеван Рубеновна Бабухадия,  
д-р с.-х. наук, доцент*

*Составитель – Ермолаева Анна Владимировна,  
канд.техн.наук, доцент*

**П84** Процессы и аппараты пищевых производств : учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной работы / сост. А. В. Ермолаева. – Благовещенск : Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. – 48[1] с.

Составлены в соответствии с требованиями к обязательному минимуму содержания основных образовательных программ направлений федеральных государственных образовательных стандартов. Включают теоретические вопросы курса и указания к выполнению отдельных заданий, в которых содержатся расчеты, порядок вычислений, а также требования к сдаче и оформлению работы. Содержит работы, которые позволят обучающимся самостоятельно овладеть профессиональными знаниями и умениями, опытом творческой деятельности при решении проблем учебного и профессионального уровня и направлены на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Предназначено для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 19.03.02 – Продукты питания из растительного сырья.

**УДК 664 (075)**

**ББК 36.81-5я7**

Рекомендовано к печати в издательстве Дальневосточного ГАУ методическим советом Технологического факультета Дальневосточного аграрного государственного университета (Протокол № 2 от 25 октября 2017 года).

© ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2018

© Оформление. Изд-во Дальневосточного  
гос. аграрного ун-та, 2018

**СОДЕРЖАНИЕ**

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ .....	4
2 ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	6
3 УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	9
4 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ .....	12
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	39
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	40

## **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Целями освоения дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты пищевых производств» являются: приобретение и усвоение обучающимися знаний процессов пищевых производств и аппаратов для их осуществления с учетом технических и экологических аспектов, а также в практической подготовке их к решению конкретных и перспективных задач, связанных с рационализацией технологических процессов, модернизацией и внедрением в промышленность современных высокоэффективных процессов, технологий, техники и материалов, способствующих повышению производительности, улучшению условий труда, экономии материальных и трудовых ресурсов.

Задачи освоения дисциплины (модуля) – изучение закономерностей, принципов технической реализации, методов расчета режимов различных процессов, о также основных конструктивных схем аппаратов, используемых в пищевой и перерабатывающей промышленности, усвоения обучающимися основ теории процессов переработки сельскохозяйственной продукции, основ методики расчетов аппаратов и принципов их конструирования.

Дисциплина относится к базовой части образовательной программы. Для изучения дисциплины необходимы знания вопросов предшествующих изучаемых дисциплин – математика, физика, информатика, неорганическая химия, физическая и коллоидная химия, органическая химия, тепло- и хладотехника, прикладная механика, электротехника и электроника.

Данная дисциплина необходима для успешного освоения дисциплин: «Технологическое оборудование предприятий отрасли», «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий», «Технология мучных кондитерских изделий», выполнения курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологических процессов производства продуктов питания из растительного сырья (ОПК-2);
- способностью владеть прогрессивными методами подбора и эксплуатации технологического оборудования при производстве продуктов питания из растительного сырья (ПК-2)

- способностью осуществлять управление действующими технологическими линиями (процессами) и выявлять объекты для улучшения технологии пищевых производств из растительного сырья (ПК-7)

- способностью организовать технологический процесс производства продуктов питания из растительного сырья и работу структурного подразделения (ПК-10)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:**

- закономерности протекания основных процессов пищевых производств, основы теории гидромеханических, тепловых и диффузионных процессов, основные понятия о подобии процессов переноса количества движения, тепла и массы, а также основные критерии гидромеханического, теплового и диффузионного подобия;

- основы теории расчета и проектирования машин и аппаратов пищевых производств, методы расчета процессов и основных размеров аппаратов;

- методы экономической и технической оценки процессов и аппаратов, способы осуществления основных технологических процессов и характеристики для оценки их интенсивности и эффективности

**Уметь:**

- проводить теоретические исследования, находить оптимальные и рациональные технические режимы осуществления основных процессов и аппаратов пищевых производств, выявлять основные факторы, определяющие скорость технологического процесса;

- выполнять основные расчеты процессов и аппаратов пищевой технологии;

- пользоваться техническими условиями и стандартами на технологические процессы и аппараты;

**Владеть:**

- теорией подобия;

- методами расчета аппаратуры для проведения гидромеханических процессов;

- умением подобрать необходимую аппаратуру для проведения тепловых процессов;

- методикой технологического расчета аппаратуры для проведения массообменных процессов.

## 2 ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с учебным планом студенты заочной формы обучения должны выполнить контрольную работу по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств».

Контрольная работа состоит из 3-х заданий, 2 из которых теоретические и 1 задание по выполнению основных расчетов процессов и аппаратов пищевой технологии.

Приступая к выполнению работы, рекомендуется изучить раздел программы курса, соответствующий теме контрольной работы, главу учебника или учебного пособия, рекомендованного в списке литературы по курсу, изучить технические условия и стандарты на технологические процессы и аппараты, а также другие литературные источники.

При написании контрольной работы рекомендуется обращаться за консультацией (в письменной или устной форме) к преподавателям кафедры. В случае необходимости письменной консультации следует выслать письмо на адрес университета с указанием факультета и кафедры, на которой выполняется данная работа.

Если контрольная работа возвращена на доработку автору, ее следует исправить, переработать или дополнить в соответствии с замечаниями рецензента. На повторное рецензирование представляется первоначальный вариант с замечаниями, рецензия к нему и исправленный вариант работы.

Для того, чтобы работа была зачтена, необходимо правильно выбрать вариант, оформить ее в соответствии с требованиями стандарта. Работы, не отвечающие обязательным для студента вариантам, не будут зачтены. В теоретических вопросах необходимо дать развернутый ответ.

Контрольная работа выполняется на листах формата А-4 и включает:

- титульный лист, (приложение А);
- лист задание для выполнения контрольной работы (приложение Б);
- содержание контрольной работы с указанием страниц;
- ответы на теоретические вопросы в соответствии с номером варианта;

- решение расчетных и графических заданий в соответствии с номером варианта;
- список использованных источников (не менее 10 источников);
- приложение (если они будут в контрольной работе озаглавливаются буквами А; Б; В и т.д.).

Тематика контрольной работы устанавливается по таблице 2.1 с учетом начальной буквы фамилии и последней цифры учебного шифра студента. Например, фамилия студента Борисов, а учебный шифр 04140, то для нахождения номеров вопросов контрольного задания нужно в первой горизонтальной строке найти начальную букву фамилии, то есть «Б», а в первой вертикальной графе - последнюю цифру шифра, то есть «0». В клетке таблицы, находящейся на линии пересечения строки, идущей от буквы «Б», с графой, отходящей от цифры «0», указан номер тематики контрольной работы, соответствует 2.

По таблице 2.2 в соответствии с выбранной темой подбирают вариант контрольной работы

**Таблица 2.1**

**Номера тематик к контрольной работы**

Начальная буква фамилии студента	Последняя цифра учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А, П	1	15	4	18	7	21	10	24	13	2
Б, Р	2	16	5	19	8	22	11	25	14	3
В, С	3	17	6	20	9	23	12	1	15	4
Г, Т	4	18	7	21	10	24	13	2	16	5
Д, У	5	19	8	22	11	25	14	3	17	6
Е, Ф	6	20	9	23	12	1	15	4	18	7
Ж, Х	7	21	10	24	13	2	16	5	19	8
З, Ц	8	22	11	25	14	3	17	6	20	9
И, Ч	9	23	12	1	15	4	18	7	21	10
К, Ш	10	24	13	2	16	5	19	8	22	11
Л, Щ	11	25	14	3	17	6	20	9	23	12
М, Э	12	1	15	4	18	7	21	10	24	13
Н, Ю	13	2	16	5	19	8	22	11	25	14
О, Я	14	3	17	6	20	9	23	12	1	15

Таблица 2.2

**Тематика и варианты к выполнению контрольной работы**

Тема	Вариант
Тепловые процессы. Расчет хлебопекарной печи	1
Тепловые процессы. Расчет хлебопекарной печи	2
Тепловые процессы. Расчет хлебопекарной печи	3
Механические процессы. Расчет мукопросеивателя	4
Механические процессы. Расчет тестомесильной машины	1
Механические процессы. Расчет тестомесильной машины	2
Механические процессы. Расчет тестомесильной машины	3
Механические процессы. Расчет тестоделительной машины	1
Механические процессы. Расчет тестоделительной машины	2
Механические процессы. Расчет тестоделительной машины	3
Механические процессы. Расчет мукопросеивателя	1
Механические процессы. Расчет мукопросеивателя	2
Механические процессы. Расчет мукопросеивателя	3
Механические процессы. Расчет шнекового формователя	1
Механические процессы. Расчет молотковой дробилки	2
Механические процессы. Расчет молотковой дробилки	3
Механические процессы. Расчет шнекового формователя	4
Тепловые процессы. Расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»	1
Тепловые процессы. Расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»	2
Тепловые процессы. Расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»	3
Тепловые процессы. Расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»	4
Тепловые процессы. Расчет и исследование теплообменных процессов в аппаратах жесткой конструкции.	1
Тепловые процессы. Расчет и исследование теплообменных процессов в аппаратах жесткой конструкции.	2
Тепловые процессы. Расчет и исследование теплообменных процессов в аппаратах жесткой конструкции.	3
Тепловые процессы. Расчет и исследование теплообменных процессов в аппаратах жесткой конструкции.	4

### **3 УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **Введение**

Введение составляет около 10% от всего объема работы (обычно это 1-2 страницы), является одной из его важнейших частей

Во введении обучающийся должен отразить основные вопросы в области развития предприятий по переработки и производству продуктов питания из растительного сырья, кратко охарактеризовать современное ее состояние и указать конкретные задачи, решение которых обеспечивает дальнейший прогресс отрасли.

Написать грамотное введение работы совсем несложно, если придерживаться определенных правил и рекомендаций:

- в первых строках необходимо показать актуальность рассматриваемой темы, показать, какие проблемы имело человечество в прошлом, какие имеет в настоящем из-за нерешенности описываемых вами задач.

- описать степень изученности, т.е. добавить несколько фраз об истории и изучения вопроса, кем и когда проводились исследования, какие результаты были достигнуты, кого и какие неудачи постигли.

- описать цель. Целью работы может быть: описать, установить, рассмотреть, осветить, раскрыть и т.п. как правило, цель – это перефразированное название темы контрольной работы.

- после описания целей необходимо остановиться на конкретных решаемых задачах. Решение каждой задачи впоследствии описывается в каждом пункте (главе) контрольной работы. Сколько пунктов, столько и задач.

- неотъемлемой частью контрольной работы является описание его структуры, т.е. в прямой или завуалированной форме нужно перечислить составные части работы: введение, пункты, заключение и список используемых источников.

- заключением введения должно быть указание на использованные источники, имеется в виду не полный перечень литературы, а обобщенное перечисление: учебно-методическая, научная, периодическая литература, материалы, полученные из интернета и СМИ.

### **Обзор процесса**

В данном разделе обучающимся необходимо дать общую характеристику процесса, теоретическую основу и классификацию процессов, особенность описываемого процесса и т.д.

### **Описание устройства и принцип работы**

В данном разделе обучающийся представляет схему аппарата или машины осуществляющий тот или иной процесс и дает описание данного устройства и принцип работы.

### **Технологический расчет аппарата**

Технологические расчёты оборудования сводятся к определению его производительности, мощности двигателей, к расходам пара, сырья, продукта и т.д. Это предопределяет зачастую рассчитывать геометрические размеры различных ёмкостей и камер, выявлять необходимые параметры работы рабочих органов, например, частоту вращения сита-барабана просеивателя. Часто необходимо определять одновременную массу загрузки сырья в различную технику, время обработки сырья или продукта, диаметры и количество отверстий в рабочих органах машин и др. При расчётах предварительно задаются исходными данными.

Данный раздел включает методику и технологические расчёты наиболее часто встречающегося оборудования предприятий отрасли. Набор оборудования характеризует различные разделы изучаемой студентами дисциплины.

С целью более качественного усвоения предполагаемого материала перед расчётной частью рассматриваемой техники делается описание технологической машины, заостряется внимание на основных её элементах и работе.

Методики расчётов машин могут значительно отличаться от предлагаемых в данном учебно-методическом пособии и, если обучающийся при выполнении контрольной работы предложить иные варианты обоснования технологических параметров оборудования, то это только приветствуется. В качестве основного литературного источника для технологических расчётов оборудования для предприятий пищевой отрасли рекомендуется использовать книгу [9].

**Заключение**, как и введение, составляет около 10 % от общего объема работы. По тому, как написано заключение, можно сделать вывод, насколько осмысленно автор выполнил

работу, усвоил ее содержание и суть. Заключение является логическим продолжением введения. При грамотно написанном введении грамотно составить заключение не составляет труда.

В заключении должны быть даны ясные и точные ответы на вопросы, поставленные во введении. Необходимо вновь обозначить поставленную цель работы вкратце упомянуть, какие задачи решались для достижения цели (были рассмотрены... было осмыслено... были изучены... были систематизированы т.д.)

Потом следует остановиться на полученных результатах (результаты могут: свидетельствовать о...; показать, что...; и т.п.). Результаты должны привести к определенным выводам, из которых должно следовать заключение о достижении цели работы. В самом конце следует показать личное отношение к решению проблемы, о своем отношении к полученным результатам.

## 4 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

### *Технологический расчет хлебопекарной печи*

1. Расчет производительности печи:

$$П_x = 60 \cdot n_{л} \cdot n_{ф} \cdot g_x / \tau \quad (4.1)$$

где  $n_{л}$  – количество рабочих люлек конвейера, (шт);  
 $n_{ф}$  – количество форм с хлебом на люльке (шт);  
 $g_x$  – масса одной буханки хлеба, (кг);  
 $\tau$  – продолжительность выпечки (ч).

Суточная производительность хлебопекарной печи:

$$П_{сут} = 23 \times П_x \quad (4.2)$$

2. Расчет теплового баланса пекарной камеры:

$$q_{п.к} = q_1^{п.к} + q_2^{п.к} + q_3^{п.к} + q_4^{п.к} + q_5^{п.к} + q_6^{п.к} + q_7^{п.к}, \quad (4.3)$$

где  $q_1^{п.к}$  – теоретический расход теплоты на выпечку 1 кг хлеба (кДж/кг);  
 $q_2^{п.к}$  – теплота на перегрев пара, подаваемого для увлажнения среды пекарной камеры и тестовых заготовок (кДж/кг);  
 $q_3^{п.к}$  – расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха (кДж/кг);  
 $q_4^{п.к}$  – расход теплоты на нагрев транспортных устройств (кДж/кг);  
 $q_5^{п.к}$  – потери теплоты в окружающую среду через ограждение пекарной камеры (кДж/кг);  
 $q_6^{п.к}$  – потери теплоты через нижнюю стенку пекарной камеры (кДж/кг);  
 $q_7^{п.к}$  – расход теплоты на аккумуляцию (кДж/кг).

Теоретический расход теплоты на выпечку 1 кг хлеба:

$$q_1^{п.к} = W_{исп} (i_{п.п} - i_{в}) + g_k c_k (\bar{t}_k - t_k) + (g_{с.м.} c_{с.м.} + W_x c_{в}) (\bar{t}_k - t_k), \quad (4.4)$$

где  $W_{исп}$  – упек относительно горячего хлеба составляет 7,5% (тогда массовая доля влаги испарившейся на 1 кг хлеба составит 0,075 кг на 1 кг горячего хлеба);

$i_{п.п}$  – энтальпия перегретого пара (принимается по справочным данным);

$g_k$  – содержание корки, в 1 кг горячего изделия;

$c_k$  – удельная теплоемкость корки (принимается по справочным данным);

$\bar{t}_k$  – средняя температура корки;

$t_r$  – температура теста;

$c_{с.м.}$  – удельная теплоемкость сухого вещества мякиша хлеба (принимается по справочным данным).

Содержание сухого вещества мякиша в 1 кг хлеба:

$$g_{с.м.} = 1 - (g_k + W_x), \quad (4.5)$$

где  $W_x$  – содержание влаги в 1 кг хлеба в момент выхода его из пекарной камеры;

Расчет теплоты на перегрев пара, подаваемого для увлажнения среды пекарной камеры и тестовых заготовок:

$$q_2^{п.к} = (i_{п.п} - i_n) D_{п.к}, \quad (4.6)$$

где  $D_{п.к}$  – массовая доля насыщенного пара, поступающего в пекарную камеру на 1 кг горячего хлеба.

Энтальпия насыщенного пара

$$i_n = i^* + x r, \quad (4.7)$$

Расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха:

$$q_3^{п.к} = (W_{исп} + D_{п.к}) c_p (t_{п.к} - t_b) / (d_{п.к} - d_b), \quad (4.8)$$

где  $c_p$  – массовая удельная теплоемкость воздуха;

$d_{п.к}$  – влагосодержание горячего влажного воздуха в сечении посадочного окна на выходе из пекарной камеры;

$d_b$  – влагосодержание воздуха.

Расход теплоты на нагрев транспортных устройств  $q_4^{п.к}$  отсутствует, так как конвейер печи не выходит за пределы пекарной камеры. Потеря теплоты будет происходить только при охлаждении форм, выходящих из печи:

$$q_4^{\text{п.к}} = g_{\text{м.ф.}} \cdot c_{\text{м}} \cdot (t_{\text{ф}}^{\prime\prime} - t_{\text{ф}}^{\prime}) \quad (4.9)$$

где  $g_{\text{м.ф.}}$  – масса металла форм, приходящихся на 1 кг хлеба;  
 $c_{\text{м}}$  – удельная теплоемкость стали;  
 $t_{\text{ф}}^{\prime\prime}$  — температура формы при выходе из печи,  
 $t_{\text{ф}}^{\prime}$  — температура формы при входе в пекарную камеру,  
 $t_{\text{ф}}^{\prime} = 30^{\circ}\text{C}$ .

Потери теплоты ограждениями пекарной камеры:

$$q_5^{\text{п.к}} = 3,6 Q_{\text{о.с}} / G_{\text{x}}, \quad (5.10)$$

где  $G_{\text{x}}$  – производительность печи, кг/ч;  
 $Q_{\text{о.с}}$  – потеря теплоты ограждениями пекарной камеры в окружающую среду, Вт.

$$Q_{\text{о.с}} = \alpha_{\text{к}} f_{\text{п}} (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + C_{\text{o}} \varepsilon_{\text{п}} f_{\text{п}} [(0,01 T_{\text{п}})^4 - [(0,01 T_{\text{ст}})^4]], \quad (4.11)$$

где  $C_{\text{o}} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К}^4)$  – постоянная Стефана-Больцмана.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией  $\alpha_{\text{к}}$ , Вт / ( $\text{м}^2 \times \text{К}$ ), от поверхности стенок пекарной камеры в окружающую среду :

$$\text{Nu} = C (\text{Gr Pr})^n, \quad (4.12)$$

Коэффициент объемного расширения воздуха :

$$\beta = 1 / (273 + t_{\text{в}}), \quad (4.13)$$

Число Грасгофа :

$$\text{Gr} = g \beta \Delta t h^3 / \nu^2, \quad (4.14)$$

Вычисляется произведение Грасгофа и Прандтля определяем режим движения.

Отсюда коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$$\alpha_{\text{к}} = \text{Nu} \lambda_1 / h, \quad (4.15)$$

Для горизонтальной поверхности ограждения печи :

$$\alpha_{\text{гор}} = 1,3 \times \alpha, \quad (5.16)$$

Коэффициент излучения для посадочного и разгрузочного окон пекарной камеры:

$$F_6 = F_1 + F_2 + 2F_3, \quad (4.17)$$

где  $F_1$  – площадь переднего вертикального ограждения пекарной камеры,  $\text{м}^2$ .

$$F_1 = h_1 b_1, \quad (4.18)$$

$F_2$  – площадь заднего вертикального ограждения пекарной камеры,  $\text{м}^2$ .

$$F_2 = h_2 b_1, \quad (4.19)$$

$F_3$  – площадь вертикального ограждения боковой стенки пекарной камеры,  $\text{м}^2$ .

$$F_3 = h_1 l_3 + h_2 l_2, \quad (4.20)$$

Площадь верхнего горизонтального ограждения пекарной камеры:

$$F_{\text{гор}} = l_1 b_1, \quad (4.21)$$

Потеря теплоты пекарной камеры вертикальными потерями:

$$Q_{\text{o.c.v.}} = \alpha_k f_{\text{п}} (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + C_o \varepsilon_{\text{п}} f_{\text{п}} [(0,01 T_{\text{п}})^4 - (0,01 T_{\text{ст}})^4], \quad (4.22)$$

Потеря теплоты пекарной камеры верхней горизонтальной поверхностью ограждения:

$$Q_{\text{o.c.g.}} = \alpha_k f_{\text{п}} (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + C_o \varepsilon_{\text{п}} f_{\text{п}} [(0,01 T_{\text{п}})^4 - (0,01 T_{\text{ст}})^4], \quad (4.23)$$

Общая потеря теплоты ограждениями:

$$Q_{\text{o.c.}} = Q_{\text{o.c.v.}} + Q_{\text{o.c.g.}}, \quad (4.24)$$

Потеря теплоты через нижнюю стенку пекарной камеры:

$$q_6^{\text{п.к}} = 3,6 Q_{\text{н.с}} / G_x, \quad (4.25)$$

Потеря теплоты пекарной камеры через нижнюю стенку печи

$$Q_{н.с} = (\lambda_2 / \delta) f_{н.с} (t_{с.т.} - t_{пол}), \quad (4.26)$$

где  $Q_{н.с}$  – потеря теплоты пекарной камеры через нижнюю стенку печи, В;  
 $\lambda_2$  – коэффициент теплопроводности изоляционного материала (шлаковая вата);  
 $\delta$  – толщина стенки, м;  
 $f_{н.с}$  – площадь поверхности нижней стенки, через которую теряется теплота пекарной камеры:

$$f_{н.с} = l_4 b_1, \quad (4.27)$$

Находим потери теплоты излучением через посадочное окно печи размерами:

$$f = h_3 b_2, \quad (4.28)$$

Определяем тепловой поток через окно:

$$Q = C_o \varepsilon f [(0,01 T_n)^4 - [(0,01 T_{ст})^4]], \quad (4.29)$$

где  $\varepsilon = 1$  – коэффициент теплового излучения отверстия;  
 $\varphi$  – угловой коэффициент;

$$T_{п.к} = (t_{п.к.1} + t_{п.к.2}) / 2, \quad (4.30)$$

Печь рассчитывается для непрерывной работы и при установившемся тепловом режиме, поэтому  $q_8^{п.к} = 0$ .

Тепловой поток от системы обогрева в пекарную камеру:

$$Q_{п.к} = q_{п.к} Gx / 3,6, \quad (4.31)$$

Технологический КПД пекарной камеры:

$$\eta_{п.к.} = (q_1^{п.к} / q_{п.к}) \times 100, \quad (4.32)$$

### Расчет тестомесильных машин

#### 1. Определение производительности

Производительность тестомесильных машин периодического действия  $\Pi$ , кг/с:

$$\Pi = \frac{\lambda \cdot V \cdot \rho}{\tau_3 + \tau_B}, \quad (4.33)$$

где  $\lambda$  – коэффициент использования объема дежи ( $\lambda=0,412\dots0,65$ );

$\tau_3$ - время для замеса теста, с;

$\tau_B$  - время для совершения вспомогательных операций, с ( $\tau_B=120\dots150$  с).

$V$  – вместимость месильной камеры

Производительность тестомесильных машин непрерывного действия  $\Pi$ , кг/с:

$$\Pi = z \frac{\pi(D_n^2 - d_B^2)}{240} S n \rho k_1 k_2 k_3, \quad (4.34)$$

где  $k_1$  – коэффициент подачи, зависящий от формы лопаток и их расположения на валу ( $k_1 = 0,2\dots0,5$ );

$k_2$  – отношение суммарной площади лопастей к винтовой поверхности того же диаметра и шага ( $k_2 = 0,112\dots0,20$ );

$k_3$  – коэффициент, учитывающий площадь сечения, образуемую пересечением траекторий движения лопастей (для одновальной машины  $z=1$ ,  $k_3=1$ , для двухвальной машины  $z=2$ ,  $k_3=0,512\dots0,70$ ).

$z$  – количество валов.

Для тестомесильных машин непрерывного действия производительностью до 30 т/ч можно принять следующие данные:

$$D_n = (0.212\dots0.30) \text{ м}; d_B = (0.04\dots0.05) \text{ м}; S = (1.1\dots1.2) \cdot D_n.$$

Вместительность месильной камеры для машин непрерывного действия  $V_H$ , м<sup>3</sup>:

$$V_H = \frac{\Pi \cdot \tau_3}{\rho \cdot k_1}, \quad (4.35)$$

где  $k_1$  – коэффициент заполнения месильной камеры ( $k_1=0.6 \dots 0.7$ ).

## 2. Определение мощности электродвигателя привода.

Мощность электродвигателя привода тестомесильных машин периодического действия  $N_{дв}$ , кВт:

$$N_{дв} = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (4.36)$$

где  $N_1$  – мощность, необходимая для вращения месильного органа при замесе теста, кВт;

$N_2$  – мощность, необходимая для вращения дежи, кВт;

$\eta$  – КПД привода;

$$N_{дв} = 4 \cdot 10^{-4} \lambda V \rho R \omega_1 g, \quad (4.37)$$

где  $\omega_1$  – угловая скорость месильного органа, рад/с;

Угловая скорость месильного органа  $\omega_1$ , рад/с:

$$\omega_1 = \frac{\pi \Pi}{30}$$

Мощность, необходимая для вращения дежи  $N_2$ , кВт;

$$N_2 = 10^{-2} \times g \times (G_n + G_\tau) \times f \times r_{ц} \times \omega_2, \quad (4.38)$$

где  $f$  – коэффициент трения вала дежи в опорах ( $f=0,2 \dots 0,3$ );  
 $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения.

### *Расчёт параметров рабочих органов молотковой дробилки*

Считается, что первичное разрушение продукта должно происходить при встрече частиц с молотком. Оно возможно при определённой окружной скорости молотков, минимальное значение которой определяют исходя из закона количества движения и принимая начальную скорость движения частицы перед соприкосновением её с молотком, равной нулю по выражению, м/с:

$$V_{\min} = \frac{P \cdot t}{m}, \quad (4.39)$$

**где**  $P$  - средняя мгновенная сила сопротивления разрушению частицы, Н;  
 $t$  – продолжительность удара молотка по частице, с;  
 $m$  – масса измельчаемой частицы, кг.

При конструировании молотковых дробилок с большими окружными скоростями рабочих органов необходимо считаться возможным возникновением инерционных сил из-за неуравновешенности ротора, значения которых могут достигать больших величин. Поэтому при изготовлении деталей ротора дробилки необходимо точное выполнение геометрической формы деталей в соответствии с чертежом. Посадочные размеры и диаметры сопряжённых деталей необходимо выдерживать по 7-у качеству. Все молотки должны располагаться строго симметрично по окружности дисков.

Наиболее сильные удары происходят при встрече частиц с концами молотков, когда последние занимают наивысшие рабочие положения. Эти удары при неудачной конструкции молотков передаются на всю машину и быстро выводят её из строя.

Для снижения ударных воздействий ударная реакция молотка должна быть уравновешена на силу удара. Это достигается при условии отсутствия или незначительности ударной реакции в осях подвеса молотков. Исходя из условия равновесия молотка и закона количества движения в момент удара найдено, что молоток обеспечивает безударную работу при соблюдении следующего равенства его конструированных размеров.

Расстояние от оси подвеса до центра массы молотка  $c$  (м) должно равняться:

$$c = \frac{(a^2 + b^2)}{6 \cdot a}, \quad (4.40)$$

где  $a$  и  $b$  - длина и ширина, м.

Определяем расстояние от оси отверстия молотка до его рабочего конца, м.

$$l = c + 0,5 \cdot a, \quad (4.41)$$

Радиус инерции молотка относительно оси подвеса  $r$ , м, определяем по формуле:

$$r^2 = I \cdot c, \quad (4.42)$$

Рабочие размеры молотка с двумя отверстиями  $\Gamma_c$ , (м) можно определить из следующей зависимости:

$$\Gamma_c = 0,5 \cdot a \cdot c, \quad (4.43)$$

Наличие второго отверстия в молотке позволяет путём перестановки использовать при работе ещё два его рабочих угла, при этом, однако, надо иметь в виду, что даже износ одного рабочего угла молотка ведёт к нарушению равновесия на удар со всеми вытекающими последствиями.

Во избежание нарушения устойчивой работы молотковых дробилок рекомендуется, чтобы расстояние от оси подвеса молотка, как до его внешней рабочей кромки, так и до оси ротора не были бы равны или достаточно близки. Вал ротора, на котором крепятся диски с промежуточными кольцами, выполняется ступенчатым. Первая ступень - под шкив, вторая - под подшипник и кольца, третья - резьбовая и четвёртая - под диски и кольца.

Определяем угловую скорость вала  $\omega$ , (рад):

$$\omega = \omega = \frac{V_{\min}}{R_0 + l}, \quad (4.44)$$

где  $V_{\min}$  – минимальная окружная скорость молотков, м/с;

$l$  – расстояние от оси отверстия молотка до его рабочего конца, м;

$R_0 = (1.3 \dots 1.35) \cdot l$ , радиус окружности расположения центров осей подвеса молотка, м.

Вал испытывает переменные нагрузки и малые изгибающие моменты, его диаметр, м:

$$d_0 = 0,052 \cdot \sqrt[3]{(N/\omega)}, \quad (4.45)$$

где  $N$  – передаваемая валом мощность, кВт;

$\omega$  – угловая скорость вала, рад.

$$d_b = d_0 \cdot 1,2^z, \quad (4.46)$$

где  $d_0$  – диаметр вала, м;

$z$  – число ступеней вала.

Центробежная сила инерции молотка  $P_u$ , (Н\*м)

$$P_u = m_m \cdot \omega^2 \cdot R_c, \quad (4.47)$$

где  $m_m = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho$  – масса молотка, кг;

$a, b, \delta$  – длина, ширина, высота, м;

$\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>, ( $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>).

Радиус окружности расположения центров массы молотков, м.

$$R_c = R_0 + c \quad (4.48)$$

Диаметр оси подвеса молотков  $d$ , (м) определяют из условия его работы, как двух опорной балки на изгиб по формуле

$$d = 1,36 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_u \cdot \delta}{\sigma}}, \quad (4.49)$$

где  $P_u$  – центробежная сила инерционного молотка. Н\*м;

$\delta$  – толщина молотка, м,  $\delta = 2-10$  мм;

$\sigma$  – допустимое напряжение при изгибе,  $[\sigma] = 100$  Мпа.

Перемычки между отверстиями под оси подвеса и наружной кромкой диска проверяют на сопротивление смятию и сразу по формулам

$$\delta_g = \frac{P_u}{d[\sigma_{cm}]}, \quad (4.50)$$

где  $\delta_g$  - толщина диска, м;  
 $[\sigma_{cm}]$  - 59-88 МПа.

Максимальное окружное напряжение в стальном диске можно определить по формуле

$$\sigma_{tmax} = \rho \cdot \omega^2 \cdot 0,0825 \cdot R^2 + 0,175 \cdot r_0^2, \quad (4.51)$$

где  $\rho$  – плотность материала диска, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>;  
 $\omega$  - угловая скорость вала, рад.

Наружный радиус диска рассчитывается по формуле.

$$R = R_0 + 0,5 \cdot d + h_{min} \quad (4.52)$$

где  $d$  – диаметр оси подвеса молотков, м;  
 $h_{min}$  - размер перемычки, (в 2 раза больше  $d$ ) м;  
 $R_0$  - радиус центрального отверстия диска, м;  $R_0 = 0,0075$  м.

Окружное напряжение  $\sigma_t$ , (Па) от сил инерции молотков в стальном диске на образующей центрального отверстия определяется из следующей зависимости

$$\sigma_t = \frac{P_u \cdot R_0 \cdot z}{\pi \cdot \sigma \cdot (R_0^2 - r_0^2)}, \quad (4.53)$$

где  $P_u$  - центробежная сила инерционного молотка, Н\*м;  
 $R_0$  - радиус окружности расположения центров осей подвеса молотка, м;

$z$  – число отверстий в диске под оси подвеса (число молотков);

$\delta$  – толщина диска, м;

$\Gamma_0$  – радиус центрального отверстия диска, м;  $\Gamma_0 = 0,0075$  м.

При расчете дисков ротора, учитывая центробежные силы, как от массы молотков, находят суммарное напряжение по формуле,

$$\sigma = \sigma_{\text{tmax}} + \sigma_{\text{t}}, \quad (4.54)$$

Вал, диски и оси под молотки изготавливают из обычных конструкционных сталей, а молотки – из легированной термически обработанной вязкой износоустойчивой стали, например ЗОХГСА. Термообработка стали этой марки, заключается в ее нагреве до  $800^\circ\text{C}$  с дальнейшим охлаждением в масле и отпуске при  $225^\circ\text{C}$ . После такой термообработки молотки имеют твердость  $34 - 47,5$  HRC.

Допускаемы напряжения при смятии и срезе для дисков, изготовленных из углеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву  $490-590$  МПа, при спокойном режиме можно принимать до  $150$  МПа. Обычно их принимают

$$[\sigma_{\text{см}}] = 59-88 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{\text{ср}}] = (0,2-0,3)\sigma_{\text{t}}$$

где  $\sigma_{\text{t}}$  – предел текучести;

### *Расчет параметров рабочих органов шнековых формователей*

Для практических расчетов достаточно принимать среднее арифметическое значение углов подъема винтовых линий на периферии  $\alpha_{\text{д}}$  и вала шнека  $\alpha_{\text{Д}}$  то есть:

$$\alpha_{\text{ср}} = 0,5 * (\alpha_{\text{д}} + \alpha_{\text{Д}}) = 29^\circ 12', \quad (4.55)$$

где  $\alpha_{\text{Д}} = \text{arctg}(H/(\pi D))$ ;

$$\alpha_d = \arctg(H/(\pi d));$$

$D$  – диаметр шнека, м;

$H=0.8*D$  – шаг витков шнека, м;

Снижение перемещения частиц продукта в осевом направлении можно учесть коэффициентов отставания:

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5 * f * \sin^2 \alpha_{cp}), \quad (4.56)$$

где  $f = \operatorname{tg} \varphi$  – коэффициент трения.

Диаметр вала шнека  $d_{np}$  (м), должен быть больше предельного, определяемого из условия;

$$d_{np} = \frac{H}{\pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.57)$$

При заданной производительности можно определить размеры шнека, в том числе и угловую частоту вращения шнека  $\omega$ ,  $\text{с}^{-1}$  (рад/с):

$$\omega = \frac{\Pi}{0,125 * (D^2 - d^2) * (H - \delta) * (1 - K_0) * \rho * \psi}, \quad (4.58)$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;

Диаметр вала шнека, м

$$d = \frac{D}{3}; \quad (4.59)$$

Шаг витков шнека, м;

$$H = 0,8 * D \quad (4.60)$$

Толщина витка шнека в осевом направлении по наружному диаметру, м;

$$\delta = \sqrt{\frac{6M_u}{[\sigma_u]}} \quad (4.61)$$

$$M_u = \frac{P_{\max} * D^2}{32} * (-2,85);$$

где  $\Psi$  – коэффициент заполнения межвиткового пространства.

Наибольшее напряжение  $\sigma_u$  (МПа)

$$\sigma_u = \pm \frac{6 * M_u}{\delta^2}, \quad (4.62)$$

где  $\delta$  - толщина витка шнека в осевом направлении по наружному диаметру, м.

Производительность  $\Pi$  (кг/с) шнекового устройства определяется произведением полезно заполненного одношагового межвиткового объема в пределах плоского угла в один радиан на угловую скорость вращения шнека

$$\Pi = 0,125 * (D^2 - d^2) * (H - \delta) * (1 - K_0) * \rho * \Psi * \omega, \quad (4.63)$$

где  $K_0$  - коэффициент отстаивания;

$\omega$  – угловая скорость вращения шнека, рад/с.

Если формуемый или прессуемый материал является пластично – вязким и обладает адгезией, то в качестве коэффициента трения берется коэффициент внутреннего трения, определяемый из условия связи частиц между собой при сдвиге слоев материала.

Для получения максимальной производительности шнекового устройства необходимо принимать небольшое значение углов подъема винтовых линий шнека (не более  $10^\circ$ ), в противном случае может произойти отрыв материала от внутренней поверхности корпуса устройства из-за преобладающих винтовых поверхностей шнека, между которыми находится продукт.

Для снижения опасности проворачивания транспортируемого материала на внутренней поверхности корпуса устройства устанавливают ребра или делают углубления, располагая их в осевом направлении или в направлении винтовой линии. Пло-

щади внутренней цилиндрической поверхности корпуса шнекового устройства  $F_b (M^2)$  и одной стороны поверхности шнекового витка  $F_{ш} (M^2)$  на длине одного шага шнека можно определить по выражениям

$$F_b = \pi * D * (H - \delta), \quad (4.64)$$

$$F_{ш} = \frac{1}{4\pi} * (\pi * D * L - \pi * d * l + H^2 \ln \frac{D+2L}{d+2l}), \quad (4.65)$$

Крутящий момент на валу шнека  $M_{кр} (H * м)$  и осевое усилие  $S (H)$  можно определить по выражениям:

$$M_{кр} = 0,131 * n * P_{max} * (D^3 - d^3) * \text{tg} \alpha_{ср}, \quad (4.66)$$

$$S = 0,392 * n * (D^2 - d^2) * P_{max}, \quad (4.67)$$

где  $n$  - число рабочих шагов (витков) шнека ( $n=6$ );

$P_{max}$  - максимальное давление, развиваемое шнеком, Па.

Максимальное давление может быть задано по технологическому процессу, а также определено путем приравнивая удерживающего момента массы материала, увлекаемого во вращение рабочими витками шнека, крутящего момента шнека.

Зная крутящий момент на валу шнека и осевое усилие, находят соответствующие нормальное  $\sigma_{сж}$  (кПа) и касательное напряжение  $\tau$  (кПа) в опасном сечении вала шнека в зоне питания:

$$\sigma_{сж} = \frac{S}{F}, \quad (4.68)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения вала шнека;

$S$  - осевое усилие, Н;

$$F = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (4.69)$$

Полярный момент сопротивления поперечного сечения вала шнека,  $M^3$

$$W_p = 0,2 * d^3 = \frac{\pi * d^3}{16} \quad (4.70)$$

Эквивалентное напряжение по теории наибольших касательных напряжений определяют по формуле

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma_{\text{СЖ}}^2 + 4\tau^2}, \quad (4.71)$$

Шнеки можно изготовить литыми, точечными, сварными и паянными. В индивидуальном производстве чаще всего шнеки изготавливают сварными, причем винтовую поверхность (перо) шнека составляют из отдельных элементов – вырезанных разомкнутых и выгнутых колец.

Для изготовления шнека диаметром  $D$  с заданным диаметром вала  $d$  и шагом  $H$  необходимо изготовить кольца с наружным диаметром  $D_0$  внутренним диаметром  $d_0$ , и разомкнутыми на угол выреза  $\alpha_0$ .

Вначале определяют ширину винтовой поверхности  $b$ (м) и длины винтовых линий  $l$  и  $L$  (м) пределах шага

$$b = 0,5 * (D - d), \quad (4.72)$$

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi d)^2}, \quad (4.73)$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;

Затем определяют угол выреза  $\alpha_0$

$$\alpha_0 = 2\pi - \frac{L-l}{b}, \quad (4.74)$$

И, наконец, диаметры кольца

$$D_0 = \frac{2 * L}{2 * \pi - \alpha_0}, \quad (4.75)$$

$$d_0 = \frac{2 * l}{2 * \pi - \alpha_0}, \quad (4.76)$$

Кольца можно изготавливать без выреза. Таких колец – заготовок для выполнения шнека заданной длины надо меньше, чем колец с углом выреза  $\alpha_0$ , так как одно такое кольцо образует винтовую поверхность на длине шнека  $H(m)$

$$H' = H * \left( \frac{1 + \alpha_0}{2 * \pi - \alpha_0} \right), \quad (4.77)$$

Мощность, затрачиваемая на привод шнекового нагнетателя  $N(kBt)$

$$N = 10^{-3} * M_{кр} * \frac{\omega}{\eta}, \quad (4.78)$$

где  $\eta$  - КПД привода (0,65).

### ***Расчет мукопросеивателя***

Частота вращения вала ситового барабана,  $n$ , мин<sup>-1</sup>:

$$n = \frac{\Pi}{720 \cdot \mu \cdot p \cdot \operatorname{tg} 2\alpha \cdot \sqrt{R^3 \cdot h^3}}, \quad (4.79)$$

где  $\mu$  - коэффициент разрыхления ( $\mu=0,7 \dots 0,75$ );  
 $p$  - объемная плотность муки,  $кг/м^3$  ( $p=500 \text{ кг}/м^3$ );  
 $h$  - высота слоя муки в барабане, м.

Общая площадь ситовой поверхности барабана,  $F_c$ ,  $м^2$ :

$$F_c = \Pi / \Pi_0, \quad (4.80)$$

где  $\Pi$  - производительность просеивателя,  $кг/с$ ;  
 $\Pi_0$  - удельная нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  сита,  $кг/(м^2/с)$ .

Считая, что приведенный радиус барабана является средней линией ситовой рамки барабана, длина  $L$ , м, ситовой рамки

$$L = F_c / R, \quad (4.81)$$

где  $R$  - приведенный радиус барабана, м.

Ширина ситовой рамки В, м:

$$B = F_c / L, \quad (4.82)$$

Частота вращения отводящего шнека  $n_{\text{шн}}$ , мин<sup>-1</sup>:

$$n_{\text{шн}} = \frac{15 \cdot G}{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \psi \cdot S \cdot \rho}, \quad (4.83)$$

где D - наружный диаметр шнека, м;

d - диаметр вала шнека, м;

$\psi$  - коэффициент заполнения корпуса шнека мукой ( $\psi=0,5...0,6$ );

S - шаг витка шнека, м;

$\rho$  - плотность муки, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho = 500$  кг/м<sup>3</sup>).

Вес муки в барабане  $G_M$ , м;

$$G_M = F_c \cdot h \cdot \rho \cdot g, \quad (4.84)$$

где h - высота слоя муки в барабане, м.

Расчет мощности привода мукопросеивателя.

Установочная мощность электродвигателя N, кВт:

$$N = (N_1 + N_2 + N_3) / \eta, \quad (4.85)$$

где  $N_1$  - мощность, расходуемая на преодоление сил трения в подшипниках валов спорах ситового барабана, кВт;

$N_2$  - мощность, расходуемая на подъем муки, кВт;

$\eta$  - КПД привода,  $\eta=0,75$ .

Мощность, расходуемая на преодоление сил трения в подшипниковых опорах ситового барабана,  $N_1$ , кВт:

$$N_1 = \pi \cdot d_1 \cdot n \cdot f \cdot (G_{\text{б}} + g \cdot G_M) / 1000, \quad (4.86)$$

где  $d_1$  - диаметр шейки вала ситового барабана, м ( $d_1 = 0,045$  м);

f - коэффициент, трения скольжения в подшипниковых опорах ситового барабана ( $f = 0,2$ );

$G_{\text{б}}$  - вес вращающихся частей барабана, Н.

Мощность, расходуемая на подъем муки,  $N_2$ , кВт:

$$N_2 = \frac{\pi \cdot g \cdot G_M \cdot R \cdot n}{30000}, \quad (4.87)$$

Мощность, расходуемая на удаление муки шнеком,  $N_3$ , кВт:

$$N_3 = \frac{\pi \cdot g \cdot G \cdot L \cdot n_{\text{шн}} \cdot f_1}{3,6 \cdot 10^6}, \quad (4.88)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ,

$L$  – длина шнека, м;

$f_1$  – коэффициент сопротивления движения материала по стенке корпуса,  $f_1=1,2$ .

### ***Расчет теплообменника типа «Труба в трубе»***

Определение теплофизических свойств воды.

Теплофизические свойства воды находятся по таблице, ориентируясь по средней температуре. В данном случае нам не известна температура греющей воды на выходе из трубы. Потери от теплообмена в окружающую среду минимальны и составляют 2%.

Количество передаваемой теплоты равно:

$$Q = G_2 \cdot C_p (t_2'' - t_2'), \quad (4.89)$$

где  $G_2$  – массовый расход холодного теплоносителя, кг/ч;

$C_p$  – теплоемкость воды,  $C_p = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

Температура греющей воды у выхода из аппарата составляет:

$$t_1'' = t_1' - Q / (G_1 \cdot C_p), \quad (4.90)$$

где  $t_1'$  – начальные температуры холодного теплоносителя,  $^\circ\text{C}$ ;

$G_1$  – массовый расход горячего теплоносителя, кг/ч.

Физические свойства теплоносителя воды при средней температуре:

$$t_1 = 0,5 \cdot (t_1' + t_1'') \quad (4.91)$$

Физические свойства нагреваемой воды при средней температуре  $t_2$ :

$$t_2 = 0,5 * (t_2' + t_2'') \quad (4.92)$$

Определение режима течения жидкостей и их коэффициентов теплоотдачи.

Для определения режима течения теплоносителей определим их скорости движения:

для греющей воды  $W_1$  (м/с):

$$W_1 = \frac{4 * G_1}{\rho_1 * \pi * d_1^2}, \quad (4.93)$$

где  $G_1$  - массовый расход горячего теплоносителя (кг/ч);

$\rho_1$  - плотность жидкости (кг/м<sup>3</sup>);

$d_1$  - внутренний диаметр трубопровода, (м)

для нагреваемой воды  $W_2$  (м/с):

$$W_2 = \frac{4 * G_2}{\rho_2 * \pi * (D^2 - d_2^2)^2}, \quad (4.94)$$

где  $G_2$  - массовый расход холодного теплоносителя (кг/ч);

$\rho_2$  - плотность жидкости (кг/м<sup>3</sup>);

$d_2$  - наружный диаметр трубопровода, (м);

Критерий Re для потока греющей воды составляет

$$Re_1 = \frac{w_1 d_1}{\nu_1} \quad (4.95)$$

Так как температура стенки не известна, то в первом приближении задается значением

$$t_{c1} = t_{ж1} - (q/\alpha_1) \quad (4.96)$$

$$t_{c2} = t_{ж2} + (q/\alpha_2) \quad (4.97)$$

Расчет числа Нуссельта Nu:

$$Nu_1 = 0,021 Re_{ж1}^{0,8*} Pr_{ж1}^{0,43} (Pr_{ж1} / Pr_{c1})^{0,25} \quad (4.98)$$

где  $Re_1$ -критерий для потока греющей воды;

$Pr_1$ -критерий Прандтля ;

$Pr_{c1}$ - при температуре  $t_{c1}$ ,

Так как температура стенки неизвестна, то в первом приближении задаемся значением:

$$t_{c1} = 0,5 * (t_1 + t_2) \quad (4.99)$$

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке трубы  $a_1$  равен:

$$a_1 = Nu_1 * \left( \frac{\lambda_1}{d_1} \right) \quad (4.100)$$

Критерий  $Re_2$  для нагреваемой воды:

$$Re_2 = W_2 * d_3 / \nu_2 \quad (4.101)$$

где  $W_2$  - скорость движения для нагреваемой воды (м/с)

$d_3$  - эквивалентный диаметр для кольцевого канала (м)

$\nu_2$  - кинематическая вязкость продукта.

Где эквивалентный диаметр для кольцевого канала

$$d_3 = D - d_2 \quad (4.102)$$

где  $D$ -диаметр кольцевого зазора, (м)

$d_2$  -наружный диаметр трубопровода (м)

Режим течения нагреваемой воды турбулентный и расчет числа  $Nu_2$ :

$$Nu_2 = 0,017 Re_{ж2}^{0,8*} Pr_{ж2}^{0,43} (Pr_{ж2} / Pr_{c1})^{0,25} * (D/d_2)^{0,18} \quad (4.103)$$

где  $Re_2$  - критерий для нагреваемой воды;

$Pr_2$  - критерий Прандтля;

Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к нагреваемой воде  $a_2$  :

$$a_2 = Nu_2 * \left( \frac{\lambda_2}{d_3} \right) \quad (4.104)$$

Определение теплового потока через стенку.  
Коэффициент теплопередачи для аппарата

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.105)$$

Средняя логарифмическая разность температур  $\Delta t_{cp}$  составляет (противоток):

Плотность теплового потока на 1 м трубы равна

$$q_1 = k \Delta t_{cp} \quad (4.106)$$

Определение площади поверхности и числа секций водоводяного теплообменника.

Длина трубы теплообменника

$$L = \frac{Q}{q} \quad (4.107)$$

Площадь поверхности нагрева  $F$  ( $m^2$ ):

$$F = \pi * d_1 * l \quad (4.108)$$

где  $d_1$  - внутренний диаметр трубопровода, (м)

Число секций  $n$

$$n = F / (\pi * d_1 * l) \quad (4.109)$$

**Технологический расчет кожухотрубного теплообменника**

Длина пучка труб по зависимости:

$$L' = (0,25F/V) (d_{в}^2/d_{р}) v, \quad (4.110)$$

где  $d_{в}$  и  $d_{р}$  – внутренний и расчетный диаметр трубы, мм;

$F$  – теплопередача поверхности,  $m^2$ ;

$V$  – пропускная способность,  $dm^3/c$ ;

$v$  – скорость движение продукта в трубах пучка, м/с;

Число ходов в аппарате определяют как соотношение

$$j = L'/L \quad (4.111)$$

где  $L$  – выбранная длина аппарата, м.

За расчетный диаметр принимают внутренний или наружный диаметр в зависимости от того, по какой стороне трубы коэффициент теплоотдачи меньше. При примерно равных условиях за расчетный принимают средний диаметр трубы.

В случае применения вальцованных соединений с наружным диаметром труб более 19 мм минимальный шаг расположения труб принимают по условию

$$l_{\min} = (1.25-1.35)d_{н} \quad (4.112)$$

Причем ширина простенка должна быть в свою очередь связана условием

$$l_3 = (l - d_{н}) > 6 \text{ мм} \quad (4.113)$$

Внутренний диаметр корпуса аппарата при расположении труб по сторонам правильных шестиугольников определяют по выражению:

$$D_{в} = \ell(n_{д} - 1) + d_{н} + 2(\ell - d_{н}), \quad (4.114)$$

где  $n_{д}$  – число труб, расположенных по диагонали наибольшего шестиугольника

Зная количество труб, расположенных на стороне наибольшего шестиугольника –  $n_{с}$ , определяем количество труб, расположенных на его диагонали, а именно.

$$n_d = 2 \cdot n_c - 1 \quad (4.115)$$

Общее количество труб в аппарате будет равно

$$n_0 = 0,75(n_d^2 - 1) + 1 = 3 \cdot n_c(n_c - 1) + 1 \quad (4.116)$$

Диаметр аппарат, найденный по выражению (5.114), округляется до ближайшего из унифицированных диаметров.

Живое сечение трубного пучка равно

$$f_n = V / v \quad (4.117)$$

а одной трубы

$$f_1 = 0,25\pi d^2_v \quad (4.118)$$

Количество труб в пучке

$$n_1 = f_n / f_1 \quad (4.119)$$

Размещаем трубы по сторонам правильных шестиугольников. На диагонали большего из них согласно формуле:

$$n_d = \sqrt{\frac{4}{3}(n_1 - 1) + 1} ; \quad (4.120)$$

Теоретическое количество труб рассчитаем по формуле:

$$n_0 = \frac{3}{4}(n_d^2 - 1) + 1, \quad (4.121)$$

Количество труб на стороне наибольшего шестиугольника определяем из зависимости:

$$n_c = 0,5(n_d + 1), \quad (4.122)$$

Корпус аппарата будет изготавливаться сварным. Его наружный диаметр пусть будет таким, как у трубы большего диаметра. Коэффициент прочности сварных швов примем равным  $\beta = 0,7$ . Предел прочности стали  $25 \sigma_v = 540 \text{ Мпа}$ . Коэффициент запаса прочности  $n_v = 3,75$ . Теперь можно определить допускаемое напряжение при растяжении:

$$[\sigma] = \sigma_v / n_v, \quad (4.123)$$

Определяем толщину стенки корпуса аппарата по следующему выражению:

$$\delta = (P_m D_B / 2\beta[\sigma] - P_m) + \delta_c \quad (4.124)$$

где  $P_m$  – давление в межтрубном пространстве, Па;  
 $\beta$  – коэффициент прочности сварных швов ( $\beta=0,7$ );  
 $\delta_c$  – прибавка на коррозию к толщине стенке, (1...4мм).  
 Толщину трубной решетки определим по формуле:

$$h = \sqrt{\frac{kp(D_B^2 - n_0 d_2^2)}{[\sigma]5}} \quad (4.125)$$

Проверяем толщину трубной решетки по формуле:

$$h_{\min} = 0,005 + 0,125d_1, \quad (4.126)$$

### *Технологический расчет тестоделительной машины*

Производительность тестоделительной машины с поршневым нагнетателем теста определяется по формуле:

$$\Pi = m \times n \times q, \quad (4.127)$$

где  $m$  – число мерных карманов, шт;  
 $n$  – частота вращения делительной головки об/с;  
 $q$  – масса куска теста, кг.

Определение размеров мерных камер. Объем тестовых заготовок,  $m^3$ , находится путем отношения массы куска теста к плотности сжатого теста:

$$V = \frac{q}{\rho}, \quad (4.128)$$

где  $\rho$  – плотность теста,  $kg/m^3$ .

Радиус  $R$ , м, шара, эквивалентный объему  $V$  тестовой заготовки, находим по формуле:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \times V}{4 \times \pi}} \quad (4.129)$$

Диаметр мерной камеры  $d$ , м, определим, предполагая, что он меньше радиуса шара эквивалентного объему  $V$  тестовой заготовки в 1,5 раза, тогда

$$d = \frac{2 \times R}{1.5} \quad (4.130)$$

Длина мерной камеры, м,  $L$  определяется по формуле:

$$L = \frac{4 \times V}{\pi \times d^2} \quad (4.131)$$

Определение размеров делительной головки.

Длина делительной головки  $B$ , м, определяется по формуле:

$$B = m \times a + (m-1) \times \delta_1 + 2\delta_2, \quad (4.132)$$

где  $\delta_1$  - толщина перегородок между мерными карманами, м;  
 $\delta_2$  - толщина боковых стенок делительной головки, м;  
 $m$  - число мерных карманов;  
 $a$  - поперечный размер мерных карманов, м.

Ширина делительной головки  $b$ , м определяется по формуле:

$$b = 1,3 \times L_{\max}, \quad (4.133)$$

где  $L_{\max}$  - наибольшая длина мерных карманов, м.

Определение размеров рабочей камеры

Объем рабочей камеры  $V_{\text{р.к.}}$ , м<sup>3</sup> определяется по формуле:

$$V_{\text{р.к.}} = 5a^2 \times L_{\max} \quad (4.134)$$

Высота рабочей камеры,  $h$ , м определяется:

$$h = 1.3 \times a \quad (4.135)$$

Ширина рабочей камеры  $C$ , м определяется по формуле:

$$C = ma + (m-1) \times \delta_1 + 20 \times 10^{-3} \quad (4.136)$$

Длина рабочей камеры  $L$ , м определяется по формуле:

$$L = \frac{V_{\text{р.к.}}}{h \times C} \quad (4.137)$$

Определение полного рабочего хода нагнетательного поршня.

Ход нагнетательного поршня  $S_{\text{нагн}}$ , м, затрачивается на перемещение теста из рабочей камеры в мерные карманы. Определяется по формуле:

$$S_{\text{нагн}} = \frac{m \times V}{h \times C} \quad (4.138)$$

Ход сжатия  $S_{\text{сж}}$  служит для уплотнения теста в рабочей и мерных камерах, выравнивая его плотности. Определяется по формуле:

$$S_{\text{сж}} = \frac{V_{\text{р.к.}}}{h \times C} \times \left(1 - \frac{P}{P_{\text{п}}}\right) \quad (4.139)$$

Для нахождения площади поперечного сечения поршня  $F_{\text{пор, м}^2}$ , понадобится рассчитать отношение максимальной к минимальной массе кусков теста. Определяется по формуле:

$$\sqrt{K} = \frac{h \times C \times S_{\text{нагн}}}{m \times a^3} \quad (4.140)$$

$$F_{\text{пор}} = \frac{m \times \sqrt{K} \times a^3}{S_{\text{нагн}}} \quad (4.141)$$

Полный ход поршня определяется по формуле:

$$S_{\text{полн}} = \frac{m \times \sqrt{K} \times a^3 + V_{\text{р.к.}} \times \left(1 - \frac{P_{\text{р.к.}}}{P_{\text{м.к.}}}\right)}{F_{\text{пор}} \times \left(1 - \frac{P_{\text{р.к.}}}{P_{\text{м.к.}}}\right)} \quad (4.142)$$

Проверочный расчет проводим по формуле:

$$S_{\text{сж}} = \frac{m \times V + V_{\text{р.к.}} \times \left(1 - \frac{P}{P_{\text{п}}}\right)}{h \times C \times \left(1 - 0.4 \frac{P}{P_{\text{п}}}\right)} \quad (4.143)$$

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» + CD [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Алексеев, И.И. Бриденко, Лукин Н. И. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 144 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4121](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4121)
2. Бредихин, С.А. Процессы и аппараты пищевой технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.А. Бредихин, А.С. Бредихин, В.Г. Жуков [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 544 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50164](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50164)
3. Лисин П. А. Современное технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов: пастеризационные установки, подогреватели, охладители, заквасочники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лисин П. А., Полянский К. К., Миллер Н. А. — Электрон. дан. — СПб.: ГИОРД, 2011. — 132 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4903](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4903)
4. Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов : в 2 кн. Кн. 2 / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др. ; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. - М. : Высш. шк., 2001. - 1337,[6]с. : ил.
5. Машины и аппараты пищевых производств : учебники для вузов : в 2 кн. Кн. 1 / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др. ; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. - М. : Высш. шк., 2001. - 697[1]с. : ил.
6. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]: учебник / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.В. Логинов; под ред. А.Н. Острикова. - СПб.: ГИОРД, 2012. - 616 с.: ил. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/element>
7. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]: учебник / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.В. Логинов; под ред. А.Н. Острикова. - СПб.: ГИОРД, 2012. - 616 с.: ил. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4887](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4887)
8. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]: метод. указания / сост. А.В. Цецура. - Благовещенск: Даль-ГАУ, 2012. - 81 с. -Режим доступа: <http://www.cdo.dalgau.ru>
9. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий: Учебник/Под ред. акад РАСХН В.А. Панфилова. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 912с.: ил

**ПРИЛОЖЕНИЯ****Приложение А****Пример оформления титульного листа**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра технологии переработки продукции растениеводства  
Направление 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»  
Профиль «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий»

***Контрольная работа***  
**по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»**

Выполнил обучающийся	_____ (подпись)	/_____ (ФИО, курс, номер группы, шифр)
Проверил	_____ (подпись)	/_____ (И.О.Фамилия, должность, ученая степень)

Благовещенск  
201\_ г

**Приложение Б**  
**Задание для выполнения контрольной работы**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Механические процессы. Расчет и исследование рабочего процесса молотковой дробилки

2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант				
		1	2	3	4	5
Расчет и исследование рабочего процесса молотковой дробилки	$a \times b \times \delta$ , мм	100x40x10	100x40x10	100x40x10	80x20x10	80x20x10
	$m$ , кг $10^{-5}$	5,7	4,2	3,5	2,4	1,3
	$t$ , с $10^{-5}$	3,8	2,1	1,8	0,5	2,5
	$P$ , Н	160	150	140	130	120
	$z$	4	4	6	6	4
	$\sigma$ , МПа	100	100	100	100	100
	$N$ , кВт	11	8	7	5	4,5
$\varphi$ ,	$45^0$	$45^0$	$45^0$	$45^0$	$45^0$	

3. Содержание

Введение

1. Обзор механических процессов
2. Описание устройства, и принцип работы молотковой дробилки и шнекового формователя (представить схему)
3. Технологический расчет аппаратов

Заключение (выводы и предложения)

Список использованных источников

## Приложение В

### МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

#### ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Механические процессы. Расчет и исследование рабочего процесса шнекового формователя
2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант				
		1	2	3	4	5
Расчет и исследование рабочего процесса шнекового формователя	$D$ , мм	190	180	185	195	170
	$\Pi$ , кг/с	0,22	0,15	0,20	0,18	0,22
	$P_{\max}$ , кПа	145	150	140	145	140
	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	850	900	850	900	850
	$\psi$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

3. Содержание

Введение

1. Обзор механических процессов
  2. Описание устройства, и принцип работы молотковой дробилки и шнекового формователя (представить схему)
  3. Технологический расчет аппаратов
- Заключение (выводы и предложения)
- Список использованных источников

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Тепловые процессы. Расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»
2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант				
		1	2	3	4	5
Расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»	$d_1$ , мм	40	41	40	40	42
	$d_2$ , мм	42	43	42	42	45
	$D$ , мм	58	59	58	58	60
	$G_1$ , кг/с	4000	4200	3900	4000	4200
	$G_2$ , кг/с	5000	5200	4800	5000	5200
	$t'_1$ , °C	87	88	87	88	88
	$t'_2$ , °C	18	19	18	20	19
$t''_2$ , °C	51	52	51	54	52	

3. Содержание

Введение

1. Обзор тепловых процессов
  2. Описание устройства, и принцип работы теплообменного аппарата типа «Труба в трубе» (представить схему)
  3. Технологический расчет аппаратов
- Заключение (выводы и предложения)

Список использованных источников

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Тепловые процессы. Расчет и исследование теплообменных процессов в аппаратах жесткой конструкции.
2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант				
		1	2	3	4	5
Расчет и исследование теплообменных процессов в аппаратах жесткой конструкции	$d_1/d_2$ , мм	18/16	18/16	18/16	19/15	18/16
	$\eta$	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98
	$G_1$ , т/ч	23	25	24	23	25
	$\omega_1$ , м/с	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9
	$P/P_M$ , Па, $10^5$	2,5/4,3	2,3/4,0	2,5/4,3	2,5/4,3	2,5/4,3
	$t'_{ж1}/t''_{ж1}$ , °C	37/80	38/82	37/80	37/80	37/80
	$F$ , м <sup>2</sup>	80	75	85	80	88
	$V$ , дм <sup>3</sup> /с	24	26	24	24	24
	$v$ , м/с	0,71	0,72	0,71	0,71	0,71
	$t_{\text{теплон}}$ , °C	110	120	110	125	115

3. Содержание

Введение

1. Обзор тепловых процессов
  2. Описание устройства, и принцип работы теплообменного аппарата жесткой конструкции (представить схему)
  3. Технологический расчет аппаратов
- Заключение (выводы и предложения)

Список использованных источников

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Механические процессы. Расчет мукопросеивателя

2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант			
		1	2	3	4
Механические процессы. Расчет мукопросеивателя	Производительность бурата, кг/ч	2700	2500	2300	4000
	Угол наклона ситовых рамок к оси вращения вала	45	45	45	45
	Высота слоя муки в барабане, м	0,05	0,05	0,05	0,05
	Приведенный радиус барабана, м	0,42	0,42	0,42	0,42
	Наружный радиус отводящего шнека, м	0,27	0,27	0,27	0,27
	Диаметр вала шнека, м	0,06	0,06	0,06	0,06
	Шаг витка шнека	0,8	0,8	0,8	0,8

3. Содержание

Введение

1. Обзор механических процессов
  2. Описание устройства, и принцип работы мукопросеивателя (представить схему)
  3. Технологический расчет аппаратов
- Заключение (выводы и предложения)  
Список использованных источников

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Механические процессы. Расчет тестоделительной машины

2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант		
		1	2	3
Механические процессы. Расчет тестоделительной машины	Вид обрабатываемого продукта	Тесто пшеничное	Тесто ржаное	Тесто ржано-пшеничное
	Число мерных карманов	4	4	4
	Число оборотов делительного механизма, с <sup>-1</sup>	0,08	0,07	0,09
	Масса куска теста, кг	0,750	0,800	0,500
	Сечение мерных карманов	круглое	овальное	круглое
	Толщина перегородок между мерными карманами, м	0,002	0,002	0,002
	Толщина боковых стенок делительной головки, м	0,025	0,025	0,025
	Поперечный размер мерных карманов, м	0,078	0,075	0,060
Наибольшая длина мерных карманов, м	0,0085	0,0095	0,0075	

3. Содержание

Введение

1. Обзор механических процессов
2. Описание устройства, и принцип работы тестоделительной машины (представить схему)
3. Технологический расчет машины

Заключение (выводы и предложения)

Список используемых источников

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Гидромеханические процессы. Расчет тестомесильной машины

2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант		
		1	2	3
Механические процессы. Расчет тестомесильной машины	Вид теста	Тесто пшеничное	Тесто ржаное	Тесто ржано-пшеничное
	Вместимость месильной камеры, м <sup>3</sup>	0,85	0,95	0,65
	Продолжительность замеса, с	125	130	135
	Продолжительность совершения вспомогательных операций, с	120	122	125
	Коэффициент использования дежи	0,53	0,53	0,53
	Частота вращения вала месильного органа, мин <sup>-1</sup>	48	50	52
	КПД привода	0,85	0,85	0,85
	Масса дежи, кг	87	95	78
	Масса теста в дежи, кг	360	370	250
	Радиус вращения дежи, м	0,4	0,4	0,4
Число лопастей	10	12	8	

3. Содержание расчетно-пояснительной записки курсового проекта:

Введение

1. Обзор механических процессов
2. Описание устройства, и принцип работы тестомесильной машины (представить схему)
3. Технологический расчет машины

Заключение (выводы и предложения)

Список использованных источников

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГАУ**

Факультет \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Профиль \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

Студент \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема: Тепловые процессы. Расчет хлебопекарной печи

2. Исходные данные

Тема	Исходные данные	Вариант		
		1	2	3
Тепловые процессы. Расчет хлебопекарной печи	Вид хлебобулочного изделия	Хлеб пшеничный	Хлеб ржаной	Булочка сдобная
	Масса одного изделия, кг	0,400	0,450	0,250
	Начальная температура продукта, °С	24	22	20
	Температура окружающей среды в цехе, °С	20	24	26
	Температура перегретого пара, °С	128	130	126
	Толщина стенки печи, м	0,9	0,9	0,9
	Температура формы при выходе из печи, °С	160	140	145
	Упек относительного горячего изделия, %	7,9	7,5	6,8

3. Содержание

Введение

1. Обзор тепловых процессов
2. Описание устройства, и принцип работы печи (представить схему)
3. Технологический расчет аппаратов

Заключение (выводы и предложения)

Список использованных источников

*Учебное издание*

## ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*Учебно-методическое пособие  
к выполнению самостоятельной работы*

*для студентов всех форм обучения  
по направлению подготовки*

*19.03.02 – Продукты питания из растительного сырья*

*Составитель – Ермолаева Анна Владимировна*

*В редакции составителя  
Компьютерная верстка Н.Н. Федотовой*

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.  
Подписано к печати 11.04.2018 г. Формат 60×90/16.  
Уч.-изд.л. – 2,5. Усл.-п.л. – 3,5.  
Тираж 50 экз. Заказ 38.

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства  
Дальневосточного государственного аграрного университета  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

