

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ на тему  
«Формующее оборудование»  
по дисциплине «Расчет и конструирование оборудования»  
для студентов специальности  
*1 - 36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»*



Брест 2023

УДК664.002

Методические указания используются студентами специальности 1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств» для выполнения практических работ по дисциплине «Расчет и конструирование оборудования».

Приведены основы процессов экструзии, замеса теста и прессования макаронных изделий, конструкции и принцип работы экструдера и макаронного пресса. Рассмотрены методики определения конструктивных и технологических параметров данных машин.

В методических указаниях предусмотрено индивидуальное задание студентам и рекомендуемая литература.

Составитель: И. А. Мирошниченко, старший преподаватель

Рецензент: В. Ф. Павловский, главный инженер ОАО «Брестский ликеро-водочный завод Белалко»

## Содержание

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7.....	4
Тема: «РАСЧЕТЭКСТРУДЕРА» .....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	4
1.1 Процесс экструзии .....	4
1.2 Устройство и принцип работы экструдера.....	6
1.4 Техническая характеристика экструдера Б8-КХ-ЗП .....	7
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ .....	8
2.1 Задание .....	8
2.2 Порядок выполнения расчета .....	8
2.3 Пример расчета.....	9
3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	10
4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	11
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА№8.....	12
Тема «РАСЧЕТ МАКАРОННОГО ПРЕССА» .....	12
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	12
1.1 Процесс прессования макаронных изделий .....	12
1.2 Классификация макаронных прессов.....	13
1.3 Устройство и принцип работы макаронного пресса .....	13
1.4 Техническая характеристика шнекового макаронного .....	15
пресса ЛПЛ-2М .....	15
2 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ .....	15
2.1 Задание .....	15
2.2 Порядок выполнения расчета .....	16
2.2.1 Расчет дозирующего устройства .....	16
2.2.2 Расчет тестомесителя.....	16
2.2.3 Расчет прессующего устройства .....	18
2.2.4 Расчет матрицы .....	18
2.2.5 Пример расчета. ....	21
3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	24
4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	25
5 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	25

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

### Тема: «РАСЧЕТ ЭКСТРУДЕРА»

#### Цель работы:

- изучение теоретических основ процесса экструзии;
- изучение устройства и принципа работы экструдера;
- приобретение практических навыков по расчету экструдера.

## 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Процесс экструзии

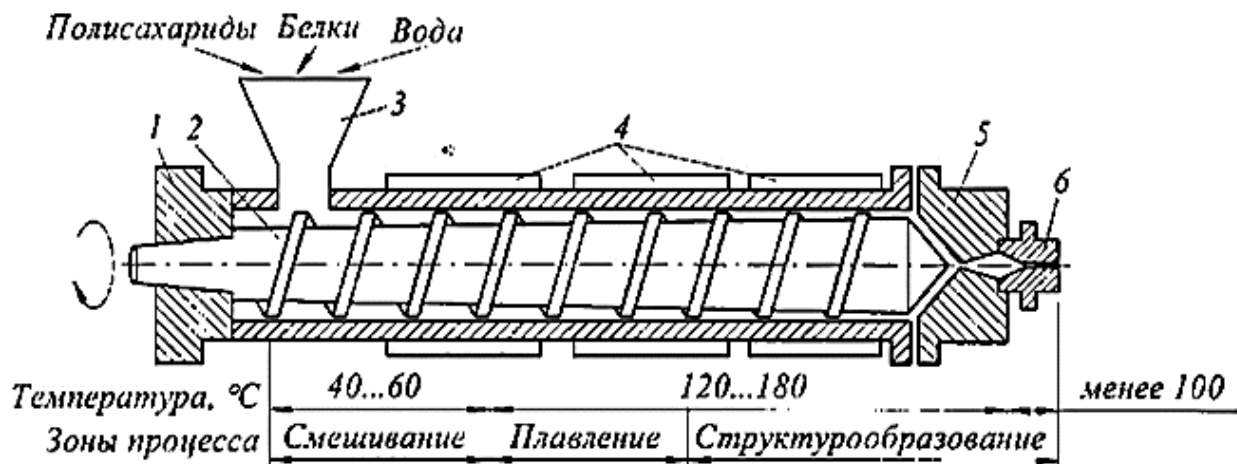
Экструдерами называют машины, в которых осуществляется выдавливание жгутов перерабатываемой массы через формующие отверстия матрицы. Формование экструзией имеет ряд преимуществ: непрерывность и высокая скорость процесса, безотходность технологии и высокая культура производства.

Экструдеры нашли широкое применение в различных отраслях пищевой промышленности:

- в кондитерской, для формования корпусов конфет;
- в мясной, при производстве колбас;
- в молочной, для дозировки и формирования сливочного масла и творога;
- в хлебопекарной, как основная часть многих тестоделителей.

Экструдер предназначен для получения полуфабрикатов или готовых изделий в результате комплексной механической и тепловой обработки рецептурных компонентов пищевой среды.

Основными частями экструдера являются: корпус 1, оснащенный загрузочной воронкой 3 и нагревательными элементами 4, рабочий орган 2 (один или два шнека), размещенный в корпусе, головка 5, фильера 6, привод, контрольно-измерительные и регулирующие устройства.



1 – корпус; 2 – рабочий орган; 3 – загрузочная воронка; 4 – нагревательные элементы;  
5 – головка; 6 – фильера

Рисунок 1 – Схема процесса экструзии

В экструдере реализуется комплексное воздействие на обрабатываемую пищевую среду давления (достигает 15...100 МПа), температуры, влажности и напряжения сдвига. Захватывая исходный продукт, шнек перемещает его от загрузочного устройства вдоль корпуса экструдера и проходит последовательно зоны смешивания, плавления и структурообразования.

В зависимости от конструкции фильеры можно получать экструдаты трех типов: пористой, волокнистой и однородной макроструктуры.

Последние две получают, используя охлаждаемые (удлиненные) фильеры, в которых происходит постепенное охлаждение расплава биополимеров и понижение давления, что предотвращает «взрывное» испарение воды на выходе расплава биополимеров из фильеры.

При получении экструдатов пористой макроструктуры, наоборот, используют короткие неохлаждаемые фильеры. При выходе расплава биополимеров через такую фильеру происходит резкий сброс давления, что приводит к «взрывному» испарению воды и образованию пористой макроструктуры.

В зависимости от конструкции нагнетателя экструдеры классифицируются на шнековые, поршневые, валковые, шестерённые, винтовые и комбинированные. Поршневые и валковые экструдеры оказывают щадящее воздействие на перерабатываемый продукт, их используют для формования продукта с нежной консистенцией.

В зависимости от формы поперечного сечения отверстия в матрице бывают круглые, прямоугольные, конусные, квадратные, ромбические и сложной конфигурации. Сложные отверстия с вкладышами применяются при формировании полых изделий.

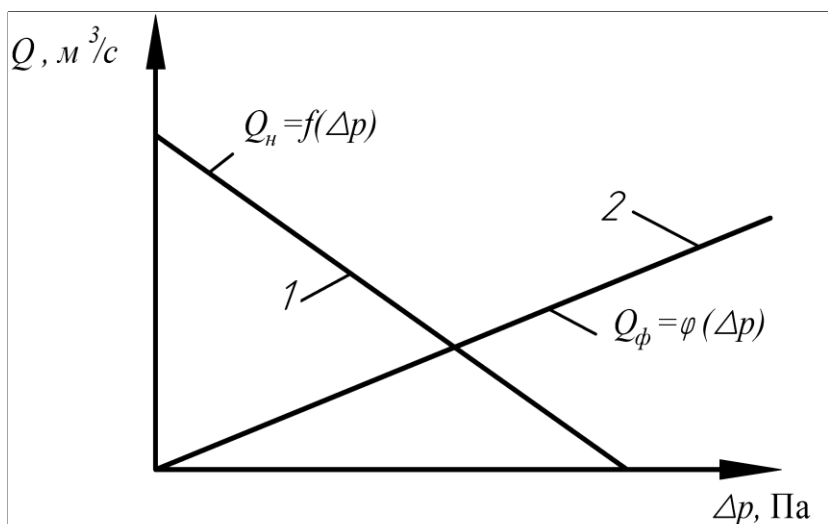
Материал для матриц должен быть коррозионностойким, обладать антиадгезионными свойствами и высокой прочностью. Чтобы снизить прилипаемость формируемого продукта, отверстие полируют и хромируют.

Широко применяют матрицы, состоящие из металлической обоймы и сменных вставок. Вставки представляют собой сменные гильзы с формирующими отверстиями, изготавливаются из пластмасс с сильно выраженными антиадгезионными свойствами.

Форма и размер предматричной камеры зависят от свойств перерабатываемого продукта, типа и размеров нагнетающего механизма и должны способствовать выходу выпрессовываемой массы через каналы матрицы с возможно более равномерной скоростью, а также препятствовать образованию застойных зон.

Производительность шнекового экструдера определяется взаимодействием нагнетателя и формирующей головки.

Расходно-напорная характеристика (РНХ) нагнетателя – зависимость создаваемого им расхода материала  $Q$  от противодавления  $\Delta p$  на выходе, РНХ формирующего органа (матрицы) – это функция расхода через отверстия матрицы от давления в предматричной камере.



Расходно-напорная характеристика шнекового нагнетателя должна представлять собой кривую (прямую) отрицательного наклона, т. к. при отсутствии противодействия в канале имеется только вынужденный поток и производительность нагнетателя максимальна.

*Рисунок 2 – Расходно-напорные характеристики нагнетающего (1) и формующего (2) органов экструдера*

## 1.2 Устройство и принцип работы экструдера

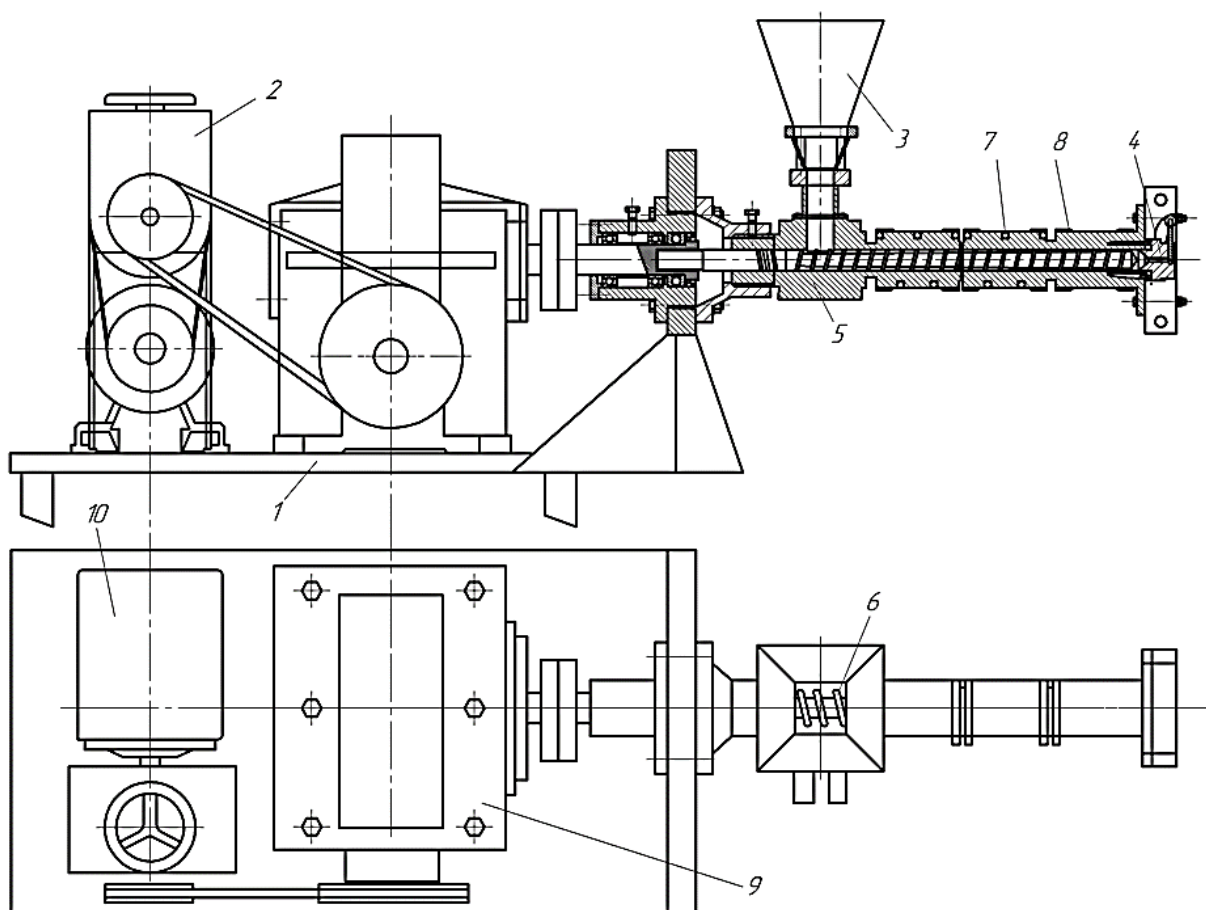
Одношнековый экструдер (рисунок 3) состоит из станины 1, привода, загрузочного бункера 3, корпуса 5, шнека 6, нагревательно-охлаждающей системы, матрицы 4.

К станине 1 экструдера крепится корпус 5 с загрузочным бункером 3. На корпусе экструдера установлены электронагреватели 8, которые предназначены для нагрева рабочей зоны машины в период пуска и автоматического поддержания постоянной температуры от 160 до 180 °С. Во избежание перегрева машины наружный диаметр корпуса снабжен системой охлаждения 7.

Привод экструдера состоит из электродвигателя 10, вариатора 2 и червячного редуктора 9.

Перед пуском экструдера нагревается рабочая зона корпуса в течение 20...25 минут до температуры 160...180 °С. За 25...30 минут до пуска экструдера готовится первая порция крупы влажностью 20...21 %. Подготовленная крупа засыпается в загрузочный бункер при включенной машине. При работе экструдера сырье через загрузочный бункер, снабженный задвижкой, поступает в корпус 5 экструдера в межвинтовую полость шнека. После выхода палочек из формующей матрицы открывается заслонка и в экструдер поступает крупа с влажностью 12...14 %.

В момент запуска продукт нагревается за счет теплопередачи, а в дальнейшем – за счет теплоты, образующейся в результате трения между продуктом и шнеком. Выпрессованная полужидкая масса, вследствие перепада давления при выходе из отверстия формующей матрицы, увеличивается по диаметру от 3 до 8...12 мм.



1 – станина, 2 – вариатор, 3 – загрузочный бункер, 4 – матрица, 5 – корпус, 6 – шнек, 7 – система охлаждения, 8 – электронагреватели, 9 – редуктор, 10 – электродвигатель

**Рисунок 3 – Одношнековый экструдер**

#### 1.4 Техническая характеристика экструдера Б8-КХ-ЗП

Производительность, кг/ч .....	90
Мощность, кВт:	
привода .....	18,5
электронагревателя .....	2,8
Число шнеков .....	1
Частота вращения шнеков, мин <sup>-1</sup> .....	79,3
Диаметр шнеков, мм.....	74
Максимальная температура в зоне нагрева, °С.....	160...180
Максимально допустимое давление экструзии, МПа .....	23
Габаритные размеры, мм .....	1200×1200×1900
Масса, кг.....	950

## 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Задание

Выполнить расчет экструдера, если заданы:  $\mu = 1,03 \cdot 10^{-6}$  Па·с – динамическая вязкость продукта;  $R, r$  – радиусы сечений отверстий в матрице, мм;  $L_1$  – длина канала в матрице, мм;  $\omega$  – угловая скорость вращения шнека, с<sup>-1</sup>;  $S$  – шаг шнека, мм;  $D_k$  – диаметр внутренней поверхности корпуса, мм;  $\varphi$  – угол подъема винтовой линии шнека, град;  $H$  – высота шнекового канала, мм;  $B$  – ширина шнекового канала, мм.

### 2.2 Порядок выполнения расчета

Расходно-напорная характеристика формующей части (головки)  $Q_\phi$ , м<sup>3</sup>/с:

$$Q_\phi = \frac{k_\phi}{\mu} \cdot \Delta p, \quad (1)$$

где  $k_\phi$  – коэффициент геометрии формующего органа (матрицы).

Для кольцевого отверстия  $k_\phi$ , м<sup>3</sup> (рисунок 4 а):

$$k_\phi = \frac{(\pi \cdot D + h) \cdot h^3}{12 \cdot L_1}. \quad (2)$$

Для конического отверстия  $k_\phi$ , м<sup>3</sup> (рисунок 4, б):

$$k_\phi = \frac{3 \cdot \pi \cdot R^3 \cdot r^3 (R - r)}{8 \cdot L_1 \cdot (R^3 - r^3)}. \quad (3)$$

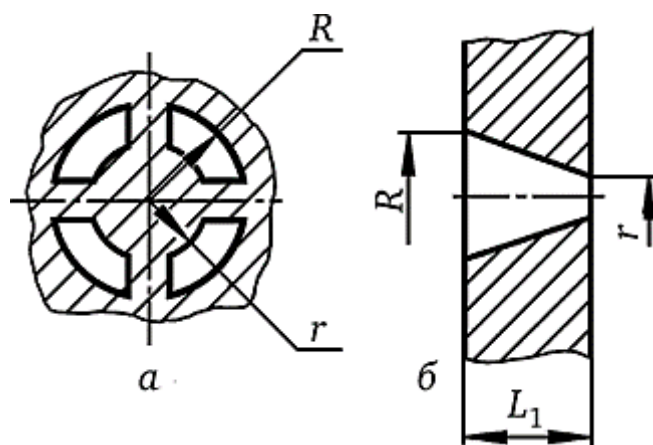


Рисунок 4 – Матрица с кольцевым (а) и коническим (б) отверстием

Скорость продукта вдоль винтового канала  $v_z$ , м/с:

$$v_z = \frac{\Delta p}{4 \cdot \mu \cdot L_2} \cdot (R^2 - r^2), \quad (4)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления, создаваемый экструдером, Па (формула 9);  $R, r$  – радиусы сечений отверстий в матрице, м;  $\mu = 1,03 \cdot 10^{-6}$  Па·с – динамическая вязкость продукта;  $L_2$  – длина шнекового канала, м (формула 8).

Расходно-напорная характеристика нагнетающей части, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_H = \left( k_{H1} \cdot \omega - \frac{k_{H2}}{\mu} \cdot \Delta p \right), \quad (5)$$

где  $k_{H1}$  и  $k_{H2}$  – коэффициенты геометрии шнекового нагнетателя, м<sup>3</sup>:



$$k_{H1} = \pi \cdot D_k \cdot \frac{B \cdot H}{2} \cdot \cos\varphi, \quad (6)$$

$$k_{H2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{B \cdot H^3}{L_2}. \quad (7)$$

Длина шнекового канала, мм:

$$L_2 = \sqrt{S^2 + (\pi \cdot (D_k - H))^2}. \quad (8)$$

Перепад давления, создаваемый экструдером  $\Delta p$ , Па:

$$\Delta p = \frac{k_{H1}}{k_{H1} + k_\phi} \cdot \mu \cdot \omega. \quad (9)$$

Производительность экструдера  $Q_3$ , м<sup>3</sup>/с:

$$Q_3 = \frac{k_{H1} \cdot k_\phi}{k_{H1} + k_\phi} \cdot \omega. \quad (10)$$

Построить совмещенные расходно-напорные характеристика нагнетающего и формующего рабочих органов (рисунок 2) для анализа выбора пары нагнетатель – формующий орган.

По результатам анализа графический зависимостей  $Q_H = f(\Delta p)$  и  $Q_\phi = \varphi(\Delta p)$  определить величину оптимального перепада давления и соответствующей производительности экструдера.

### 2.3 Пример расчета

Выполнить расчет экструдера с кольцевой формой отверстий, если задано: динамическая вязкость продукта  $\mu = 1,03 \cdot 10^{-6}$  Па·с; радиусы сечений отверстий в матрице  $R = 0,009$  м,  $r = 0,003$  м; длина канала в матрице  $L_1 = 0,028$  м; угловая скорость вращения шнека  $\omega = 1$  рад/с; шаг шнека  $S = 0,013$  м; диаметр внутренней поверхности корпуса  $D_k = 0,088$  м; угол подъема винтовой линии шнека  $\varphi = 19^\circ 27' 44''$ ; высота шнекового канала  $H = 0,0125$  м; ширина шнекового канала  $B = 0,014$  м.

Определение расходно-напорной характеристики формующей и нагнетающей части.

Расходно-напорная характеристика формующей части  $Q_\phi$ , м<sup>3</sup>/с, по (1):

$$Q_\phi = \frac{2,81 \cdot 10^{-5}}{1,03 \cdot 10^{-6}} \cdot 7,618 \cdot 10^{-7} = 2,078 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Коэффициент геометрии формующего органа (матрицы) для кольцевого отверстия  $k_\phi$ , м<sup>3</sup>, по (2):

$$k_\phi = \frac{(3,14 \cdot 0,012 + 0,006) \cdot 0,006^3}{12 \cdot 0,028} = 2,81 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^3.$$

Средний диаметр кольцевого отверстия  $D$ , м:

$$D = 2R - h = 2 \cdot 0,009 - 0,006 = 0,0012 \text{ м}.$$

Ширина кольцевого зазора  $h$ , м:

$$h = R - r = 0,009 - 0,003 = 0,012 \text{ м.}$$

Скорость продукта вдоль винтового канала  $v_z$ , м/с, по (4):

$$v_z = \frac{7,618 \cdot 10^{-7} \cdot 5,12 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 1,03 \cdot 10^{-6} \cdot 0,24} \cdot (0,009^2 - 0,003^2) = 5,55 \cdot 10^{-5}, \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Расходно-напорная характеристика нагнетающей части  $Q_n$ , м<sup>3</sup>/с, по (5):

$$Q_n = 2,78 \cdot 10^{-5} \cdot 1 - \frac{9,49 \cdot 10^{-6}}{1,03 \cdot 10^{-6}} \cdot 7,618 \cdot 10^{-7} = 2,078 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Коэффициенты геометрии шнекового нагнетателя  $k_{n1}$  и  $k_{n2}$ , м<sup>3</sup>, по (6), (7):

$$k_{n1} = 3,14 \cdot 0,088 \cdot \frac{0,0141 \cdot 0,0125}{2} \cdot \cos 19,46 = 2,78 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^3.$$

$$k_{n2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{0,014 \cdot 0,0125^3}{0,24} = 9,49 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3.$$

Длина шнекового канала  $L_2$ , м, по (8):

$$L_2 = \sqrt{0,013^2 + [3,14 \cdot (0,088 - 0,0125)]^2} = 0,24 \text{ м.}$$

Вычисление перепада давления  $\Delta p$ , МПа, создаваемого экструдером, и соотношения расходно-напорных характеристик  $Q_3$ , м<sup>3</sup>/с, нагнетающей и формирующей частей.

Перепад давления, создаваемый экструдером,  $\Delta p$ , Па, по (9):

$$\Delta p = \frac{2,78 \cdot 10^{-5}}{9,49 \cdot 10^{-6} + 2,81 \cdot 10^{-5}} \cdot 1,03 \cdot 10^6 \cdot 1 = 0,76 \text{ Па.}$$

Соотношение расходно-напорных характеристик  $Q_3$ , м<sup>3</sup>/с, нагнетающей и формирующей частей по (10):

$$Q_3 = \frac{2,78 \cdot 10^{-5} \cdot 2,81 \cdot 10^{-5}}{9,49 \cdot 10^{-6} + 2,81 \cdot 10^{-5}} \cdot 1 = 2,078 \cdot 10^{-5}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о практической работе включает в себя:

- тему, цель работы;
- теоретическую часть, в которой излагаются теоретические основы процесса экструзии, устройство и принцип работы экструдера;
- расчетную часть, в которой проводятся расчеты экструдера по предлагаемому варианту (таблица 1).

#### 4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества формования продукта экструзией.
2. Основные этапы процесса экструзии.
3. В каких отраслях пищевой промышленности применяются экструдеры?
4. Типы экструдатов в зависимости от конструкции фильеры.
5. Виды матриц в зависимости от формы поперечного сечения отверстия.
6. Какие требования предъявляются к материалу матриц экструдера?
7. Классификация экструдеров в зависимости от конструкции нагнетателя.
8. Устройство экструдера.
9. Принцип работы экструдера.
10. В чем заключается сущность анализа расходно-напорных характеристик нагнетающей и формующей частей?

**Таблица 1 – Исходные данные**

Вариант	$R$ , мм	$r$ , мм	$L_1$ , мм	$\omega$ , $c^{-1}$	$S$ , мм	$D_k$ , мм	$\varphi$	$H$ , мм	$B$ , мм	Форма отверстия
1	9,0	3,0	28	1,0	13	88	19°27'44''	12,5	14	кольцевая
2	8,5	3,0	27	1,1	13	88	19°27'44''	12,5	14	кольцевая
3	8,0	3,1	26	1,1	13	88	19°27'44''	12,5	14	кольцевая
4	7,5	3,0	25	1,0	13	88	19°27'44''	12,5	14	кольцевая
5	9,0	3,5	25	1,2	13	88	19°27'44''	12,5	14	кольцевая
6	8,5	3,4	26	0,9	13	88	19°27'44''	12,5	14	коническая
7	8,0	3,1	27	1,3	13	88	19°27'44''	12,5	14	коническая
8	7,5	3,3	28	1,2	13	88	19°27'44''	12,5	14	коническая
9	8,4	3,2	29	1,4	13	88	19°27'44''	12,5	14	коническая
10	8,2	3,0	30	1,3	13	88	19°27'44''	12,5	14	коническая
11	8,0	2,9	28	0,9	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
12	8,1	3,0	27	1,3	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
13	8,2	3,1	26	1,1	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
14	8,3	3,2	25	1,2	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
15	8,4	3,3	28	1,2	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
16	8,5	3,4	29	1,1	16	91	18°01'12''	15,5	18	коническая
17	8,6	3,5	30	1,3	16	91	18°01'12''	15,5	18	коническая
18	8,7	3,5	31	1,0	16	91	18°01'12''	15,5	18	коническая
19	8,8	3,6	30	1,3	16	91	18°01'12''	15,5	18	коническая
20	8,9	3,6	29	1,2	16	91	18°01'12''	15,5	18	коническая
21	9,0	3,7	28	1,2	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
22	8,9	3,2	27	1,3	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
23	8,8	3,3	26	1,4	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
24	8,7	3,4	28	1,5	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая
25	8,6	3,1	30	1,5	16	91	18°01'12''	15,5	18	кольцевая

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

### Тема «РАСЧЕТ МАКАРОННОГО ПРЕССА»

#### **Цель работы:**

- изучение процесса прессования макаронных изделий;
- изучение классификации, устройства и принципа работы макаронных прессов;
- приобретение практических навыков по расчету макаронного пресса.

## 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### **1.1 Процесс прессования макаронных изделий**

Приготовление макаронного теста происходит в два этапа.

*На первом этапе* мука, вода и обогатительные добавки (если последние предусмотрены рецептурой) смешиваются в тестомесителе, входящем в конструкцию пресса. Процесс смешивания муки и воды в этих машинах непрерывный, для этого тестомеситель снабжён мучным и жидкостным дозаторами. Они должны очень точно дозировать муку и особенно воду, т. к. даже незначительное отклонение дозировки воды в любую сторону изменит свойства теста.

В смесителях шнековых прессов получают порошкообразное тесто в вид мелких крошек и небольших крупинок. Такое тесто непригодно для непосредственного прессования. Поэтому тестомесители шнековых прессов нельзя называть тестомесительными машинами, т. к. они не вымешивают тесто, а лишь равномерно увлажняют муку разбрызгиваемой водой.

*Второй этап* осуществляется в канале шнековой камеры пресса, где крошкообразная масса теста под воздействием шнека постепенно уплотняются и пластифицируются, приобретая структуру и свойства, необходимые для последующего формования.

Количество воды, потребное для замеса макаронного теста, зависит от количества и качества клейковины и влажности муки. Влажность теста в зависимости от вида изделий должна быть в пределах 28...32,5 %.

На свойства теста огромное влияние оказывает температура, значительно определяя ход и результат прессования сырых изделий.

Температура теста зависит не только от температуры его компонентов, но и изменяется при его приготовлении в тестомесителе и в шнековой камере, где механическая энергия работы рабочих органов переходит в тепловую энергию и тесто дополнительно прогревается. Кроме того, шнековая камера может иметь греющие или охлаждающие устройства, также корректирующие температуру теста.

Цель формования – придать макаронному тесту форму, характерную для данного вида изделий (трубчатые, нитеобразные, ленточные и фигурные), которая сохранялась бы на последующих стадиях производства.

В современных конструкциях прессов макаронное тесто перед поступлением в шнековую камеру подвергается вакуумированию, т. е. из него удаляется воздух. Это позволяет, во-первых, получить макаронное тесто более плотной структуры, повысить механическую прочность высушенных изделий, и во-вторых,

снизить скорость реакции окисления кислородом воздуха пигментных веществ группы каротиноидов, придающих изделиям приятный желто-кремовый цвет.

## **1.2 Классификация макаронных прессов**

Шнековые макаронные прессы непрерывного действия предназначены для приготовления теста и формирования из него сырых макаронных изделий.

В тестомесительное корыто мука попадает из дозатора тонким слоем непрерывно. Здесь поток муки в падении встречается с водой, поступающей из другого дозатора в виде мельчайших струек или брызг. С первого момента соприкосновения этих компонентов начинается процесс связывания воды коллоидами муки и набухание последних.

Из смесителя тесто поступает в шнековую камеру, где под воздействием вращающегося шнека постепенно уплотняется и перемещается в предматричную камеру, из которой пластифицированное тесто под большим давлением формуется через специальные матрицы.

Основными узлами современных прессов являются: дозирующее устройство для муки и воды, тестомеситель, прессующий корпус, прессующая головка, матрица, система вакуумирования.

Макаронные прессы классифицируют:

- по конструкции дозатора муки: шнековый, роторный, ленточный;
- по числу камер тестомесителя: одно, двух, трех, четырехкамерный;
- по количеству прессующих головок: одно, двух, четырехшнековый;
- по узду вакуумирования: в прессующем корпусе, в тестомесителе, методом вакуумирования.

Обычно макаронные прессы устанавливаются в комплексно-механизированных линиях для производства длинных и коротких макаронных изделий.

## **1.3 Устройство и принцип работы макаронного пресса**

Шнековый макаронный пресс (рисунок 1) состоит из привода 1, дозирующего устройства 2, тестомесителя 3, прессующей головки 4, обдувочного устройства 5, системы трубопроводов и прессующего корпуса 8, установленных на общей станине 7. Пресс комплектуется механизмом резки 6, набором матриц и вакуумной системой.

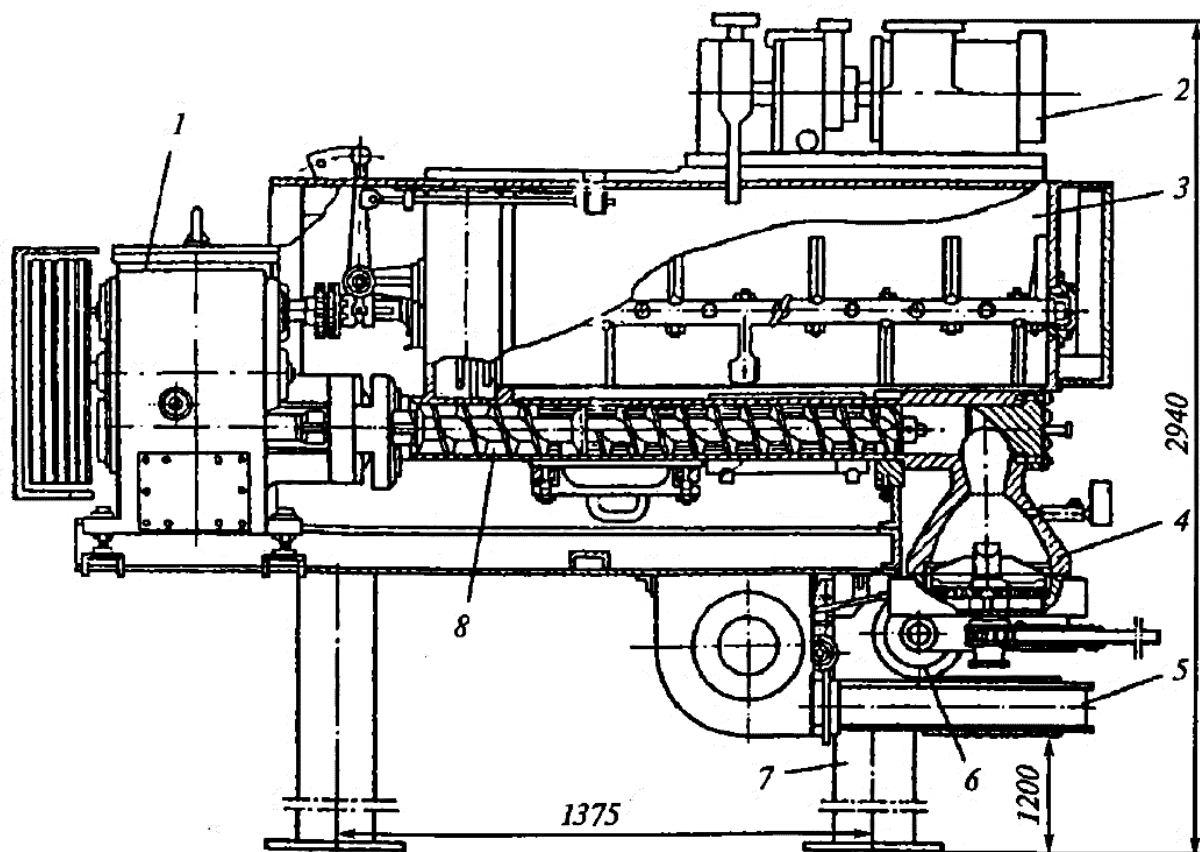
Матрица является основным рабочим органом пресса и представляет собой металлический диск (круглая матрица) или прямоугольную пластину со сквозными отверстиями, профиль которых определяет форму изделий.

Шнековый макаронный пресс работает следующим образом.

Мука самотеком непрерывно из бункера поступает в дозатор, из которого вращающимся шнеком подается в тестомеситель. Одновременно в тестомеситель из дозатора по трубе поступает подогретая до 40...60 °С вода. В зависимости от влажности муки расход воды составляет 80...90 кг/ч. Расход воды на охлаждение прессующего корпуса 110 кг/ч. При нормальной работе пресса тесто должно заполнять 2/3 объема корыта и иметь небольшой уклон по направлению к выходному отверстию.

Необходимый уровень заполнения корыта тестом достигается регулированием плоскости концов лопаток к оси вала, которые отбрасывают определенную

часть комочков теста в направлении от выходного отверстия к дозаторам. Отбрасывание теста в обратном направлении в оптимальных размерах необходимо для обеспечения нормальной циркуляции теста, что удлиняет время его нахождения в корыте до 10 мин и способствует набуханию клейковины и лучшей проработке теста лопатками и пальцами.



1 – редуктор привода; 2 – дозирующее устройство; 3 – тестомеситель;  
4 – прессующая головка; 5 – обдувочное устройство; 6 – механизм резки; 7 – станина;  
8 – прессующий корпус

**Рисунок 1 – Шнековый макаронный пресс**

Замешенная в виде комочков и крупинок тестообразная масса из корыта смесителя через отверстие в нижней части направляется в прессующий корпус. При этом, регулируя заслонкой размер выходного отверстия, можно изменить количество теста, подаваемого в прессующий корпус, и тем самым изменять производительность прессы.

В прессующем корпусе тесто, продвигаясь, обтекает шайбу на шнеке и поступает в перепускной канал, где из него через вакуум-канал удаляются воздух и пары воды. Остаточное давление воздуха в прессующем корпусе составляет 10 кПа. Из перепускного канала тесто проходит сквозь решетку в прессующий корпус, захватывается витками шнека, нагнетается в головку и затем продавливается через формующие отверстия матрицы при давлении 6,5...7,0 МПа.

Выходящие из матрицы макаронные изделия проходят обдувочное устройство, при этом они имеют температуру, равную температуре прессованного теста, которая составляет 45...50 °С.

В прессовом отделении значительно меньшая температура окружающего воздуха, в результате для изделий, выходящих из матрицы, создается температурный перепад, величина которого зависит от разности температур прессования и окружающей среды. Чем больше эта разность, тем выше температурный перепад и, следовательно, более интенсивное испарение влаги с поверхности изделия. Этот процесс происходит до тех пор, пока температура изделия и окружающей среды не выравняются, после чего на поверхности изделия возникает защитная корочка, которая препятствует слипанию изделий в процессе дальнейшей раскладки и сушки.

#### 1.4 Техническая характеристика шнекового макаронного пресса ЛПЛ-2М

Производительность, кг/ч .....	до 375
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> :	
прессующего шнека.....	41
вала тестомесителя .....	82
Число резов режущего механизма в минуту .....	18...2060
Вода, идущая на замес теста:	
расход, л/ч .....	60...70
температура, °С.....	40...60
Вакуум, создаваемый в прессующем корпусе, Па .....	50...60
Производительность обдувателя, м <sup>3</sup> /ч .....	500
Потребляемая мощность, кВт .....	23
Габаритные размеры, мм .....	2920×2710×2940
Масса, кг.....	3260

## 2 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Задание

Выполнить расчет макаронного пресса, если заданы (таблица 3):  $S$  – шаг шнека, м;  $l$  – длина шнека дозатора муки, м;  $\tau$  – продолжительность замеса теста, ч;  $Q'_n$  – производительность макаронного пресса по готовым изделиям, кг/ч;  $n_T$  – частота вращения месильного органа, мин<sup>-1</sup>;  $n_{ш}$  – частота вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;  $p$  – давление прессования, МПа; вид изделия – макароны обыкновенные.

## 2.2 Порядок выполнения расчета

### 2.2.1 Расчет дозирующего устройства

Производительность шнекового дозатора муки  $Q_M$ , кг/ч:

$$Q_M = \frac{60 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n_{ш} \cdot \rho_m \cdot \varphi, \quad (1)$$

где  $D = 0,18 \dots 0,20$  м – наружный диаметр спирали шнека;  $d = D/2$  – диаметр вала шнека, м;  $S$  – шаг шнека, м;  $n_{ш}$  – частота вращения шнека;  $\rho_m$  – насыпная плотность муки (таблица 1);  $\varphi = 0,8$  – коэффициент заполнения.

Производительность дозатора воды  $Q_B$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_B = v \cdot n_d \cdot k, \quad (2)$$

где  $v = (0,2 \dots 0,3) \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> – вместимость одного кармана;  $n_d = 1000 \dots 1100$  доз/час – количество отмериваемых доз в час;  $k = 0,4 \dots 0,5$  – коэффициент заполнения кармана водой.

Потребляемая дозаторами мощность  $N$ , кВт:

$$N = \frac{Q_M \cdot l \cdot k_1 \cdot k_2}{1000 \cdot \eta}, \quad (3)$$

где  $l$  – длина шнека дозатора муки, м;  $k_1 = 1,2$  – коэффициент сопротивления перемещению муки в корпусе дозатора;  $k_2 = 1,1 \dots 1,2$  – коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках;  $\eta = 0,8 \dots 0,9$  – КПД привода.

### 2.2.2 Расчет тестомесителя

Суммарная вместимость месильных корыт для заданной производительности пресса  $V$ , м<sup>3</sup>:

$$V = \frac{Q_{п} \cdot \tau}{\rho_T \cdot k}, \quad (4)$$

где  $Q_{п}$  – производительность пресса по сырым изделиям, кг/ч;  $\tau$  – продолжительность замеса, ч;  $\rho_T$  – плотность теста в тестомесителе, кг/м<sup>3</sup> (таблица 1);  $k = 0,5 \dots 0,75$  – коэффициент заполнения корыта тестом.

$$Q_{п} = \frac{Q'_{п} \cdot (100 - W_{изд})}{(100 - W_T)}, \quad (5)$$

где  $Q'_{п}$  – производительность пресса по сухим изделиям, кг/ч;  $W_{изд}$  – влажность сухих изделий;  $W_T$  – влажность теста, % (таблица 1).

Общая длина месильных корыт  $L$ , м:

$$L = \frac{V}{S_T}, \quad (6)$$

где  $S_T$  – площадь поперечного сечения корыта, м<sup>2</sup>:

$$S_T = \frac{\pi \cdot b^2}{2} + \left( h - \frac{b}{2} \right), \quad (7)$$

где  $b = 0,38 \dots 0,42$  м – ширина корыта;  $h = 0,40 \dots 0,54$  м – высота корыта.



Производительность тестомесителя  $Q_T$ , кг/ч:

$$Q_T = \frac{100 - W_T}{100 - W_{\text{изд}}} \cdot V \cdot \rho_H \cdot \frac{k}{\tau}, \quad (8)$$

где  $\rho_H$  – насыпная плотность теста (таблица 1).

Потребная мощность на замес теста  $N_T$ , кВт:

$$N_T = \frac{3600 \cdot V \cdot k_3 \cdot \rho_T \cdot R \cdot \omega \cdot g}{1000}, \quad (9)$$

где  $V$  – вместимость месильных корыт, м<sup>3</sup>;  $k_3 = 0,8$  – коэффициент заполнения корыт тестом;  $R$  – максимальный радиус месильного органа, м;  $\omega$  – угловая скорость вращения месильного органа, с<sup>-1</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения.

**Таблица 1 – Влажность и плотность муки, полуфабрикатов и макаронных изделий**

Продукт	Влажность продукта W, %	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Насыпная плотность $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	
			без утряски	с утряской
<i>Мука из пшеницы:</i>				
Высшего сорта	12,6...14,4	1460	677	770...900
1 сорта	12,2...13,7	1460	600	725...900
<i>Тесто в тестомесителе</i>	29,0...31,0	1250	719	789
Тесто спрессованное	28,0...33,0	1392...1447	–	–
<i>Полуфабрикаты:</i>				
Макароны особые	27,0...30,8	1320	637	727
Макароны соломка	28,8...29,5	1280	612	771
Вермишель	28,8...29,2	1280	516	616
Рожки	29,4	1250	581	671
<i>Готовые изделия:</i>				
Макароны особые	12,8...13,6	1330	411	452
Макароны соломка	12,0...13,7	1320	305	368
Вермишель	10,4...13,3	1300	346	408
Лапша	12,8...13,7	1300	352	433
Ракушки	10,8	1250	389	422

### 2.2.3 Расчет прессующего устройства

Фактическая производительность макаронного пресса по сырым изделиям должна быть равна производительности тестомесителя.

Производительность нагнетающего шнека  $Q_{\phi}$ , кг/ч:

$$Q_{\phi} = 15 \cdot m' \cdot \rho_T \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \left( S_{\text{ш}} - \frac{b_2 + b_1}{2 \cdot \cos \alpha} \right) \cdot n_{\text{ш}} \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{с}}, \quad (10)$$

где  $m' = 1$  для вермишели,  $m' = 3$  для лапши и макарон – число заходов шнека;  $\rho_T$  – плотность спрессованного теста (таблица 1);  $R_2 = 0,060$  м,  $R_1 = 0,027$  м – соответственно наружный и внутренний радиус шнека;  $S_{\text{ш}} = mS_0$  – шаг витков винтовой линии шнека, м;  $S_0 = 0,1$  м – расстояние между смежными витками;  $b_2 = 25 \cdot 10^{-3}$  м – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по наружному радиусу, м;  $b_1 = 5 \cdot 10^{-3}$  м – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по внутреннему радиусу;  $\alpha$  – угол подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека, град;  $k_{\text{н}} = 0,5$  – коэффициент наполнения полости шнека тестом;  $k_{\text{п}}$  – коэффициент прессования теста, учитывает степень уменьшения его объема в шнековом канале при переходе его из крошкообразного состояния в спрессованное;  $k_{\text{с}} = 0,9 \dots 0,95$  – коэффициент, характеризующий подачу теста шнеком, т. е. качество прессования.

Тангенс угла подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{ср}}}, \quad (11)$$

где  $R_{\text{ср}} = (R_1 + R_2)/2$  – средний радиус шнека, м.

Коэффициент прессования теста  $k_{\text{п}}$ :

$$k_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_T}, \quad (12)$$

где  $\rho_{\text{н}}$  – насыпная плотность теста;  $\rho_T$  – плотность спрессованного теста (таблица 1).

Мощность привода прессующего шнека  $N_{\text{ш}}$ , кВт:

$$N_{\text{ш}} = p \cdot n_{\text{ш}} \cdot \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3), \quad (13)$$

где  $p$  – давление прессования, МПа;  $n_{\text{ш}}$  – частота вращения шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $R_1, R_2$  – внутренний и наружный радиусы шнеков, м.

### 2.2.4 Расчет матрицы

Для матрицы выполняются технологический расчет, который заключается в определении ее производительности и соответствующего диаметра.

Производительность матрицы по сухим изделиям  $\Pi$ , кг/ч:

$$\Pi = 3600 \cdot v_{\text{п}} \cdot \rho_T \cdot f \cdot \frac{100 - W_T}{100 - W_{\text{изд}}}, \quad (14)$$

где  $v_{\text{п}}$  – скорость течения теста по формующим каналам, м/с;  $\rho_T$  – плотность спрессованного теста,  $\text{кг/м}^3$ ;  $f$  – площадь живого сечения матрицы,  $\text{м}^2$ ;  $W_T$  – влажность теста, %;  $W_{\text{изд}}$  – влажность готовых изделий, % (таблица 1).

Площадь живого сечения матриц,  $m^2$ , в зависимости от вида изделий:

а) для трубчатых изделий (для макарон):

$$f_M = \frac{\pi}{4} \cdot n_0 (d_H^2 - d_B^2), \quad (15)$$

где  $n_0$  – число формирующих отверстий в матрице (таблица 2);  
 $d_H = 5,5 \cdot 10^{-3}$  м – наружный диаметр формирующего отверстия;  
 $d_B = 2,5 \cdot 10^{-3}$  м – диаметр вкладыша;

б) для вермишели:

$$f_B = \frac{\pi}{4} \cdot n_0 \cdot d_B^2, \quad (16)$$

где  $n_0$  – число формирующих отверстий в матрице;  $d_B = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м – диаметр формирующего отверстия;

в) для лапши:

$$f_L = n_0 \cdot l_L \cdot a, \quad (17)$$

где  $n_0$  – число формирующих отверстий в матрице;  $l = 4,0 \cdot 10^{-3}$  м – длина формирующей щели;  $a = 1 \cdot 10^{-3}$  м – ширина формирующей щели.

Площадь матрицы  $F$ ,  $m^2$ :

$$F = \frac{f}{k_f}, \quad (18)$$

где  $k_f$  – коэффициент живого сечения матрицы (таблица 2).

**Таблица 2 – Коэффициенты живого сечения макаронных матриц**

Ассортимент	Число отверстий в матрице	$k_f$
<i>Макароны диаметром, мм:</i>		
7,0	520	0,203
7,0	520	0,216
5,5	464	0,187
5,5	600	0,137
<i>Рожки диаметром, мм:</i>		
5,0	462	0,156
5,5	454	0,149
<i>Вермишель диаметром, мм:</i>		
1,5	1938	0,15
2,5	1122	0,062
<i>Лапша размером, мм:</i>		
5,0 x 1,0	436	0,02
4,0 x 1,0	1140	0,079

На рисунке 2 представлена схема течения теста в кольцевом канале.  
Диаметр матрицы  $D$ , м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}. \quad (19)$$

Длина прямоугольных матриц  $L$ , м:

$$L = \frac{F}{B}, \quad (20)$$

где  $B = 0,1$  м – ширина прямоугольной матрицы.

Скорость течения (выпрессовывания) теста по формующим каналам в зависимости от формы сечения канала  $v_{\text{п}}$ , м/с:

а) для трубчатых изделий (макарон):

$$v_{\text{п}} = v_0 + \frac{1}{4\mu} (\Delta p + \rho_m g) \left( \ln \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{в}}} \right)^{-1} \left[ (R_{\text{н}}^2 - R_{\text{в}}^2) \ln \frac{r}{R_{\text{в}}} - (r^2 - R_{\text{в}}^2) \ln \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{в}}} \right], \quad (21)$$

где  $v_0 = 0$  – скорость скольжения;  $\mu = 0,4 \cdot 10^4 \dots 0,3 \cdot 10^6$  Па · с – динамическая вязкость, зависит от влажности макаронного теста;  $\Delta p = (2 \dots 6) \cdot 10^6$  Па – перепад давления по длине формующего канала;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $l = 0,003 \dots 0,007$  м – длина канала;  $R_{\text{н}} = 5,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $R_{\text{в}} = 3,7 \cdot 10^{-3}$  м – соответственно наружный и внутренний радиус отверстия трубки макарон (рисунок 2);  $r$  – радиус от оси кольцевого канала, м:

$$r = \frac{R_{\text{н}} - R_{\text{в}}}{2} + R_{\text{в}}; \quad (22)$$

б) для вермишели:

$$v_{\text{п}} = v_0 + \frac{R^2}{4 \cdot \mu} \cdot (\Delta p + \rho_{\text{т}} \cdot g) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right], \quad (23)$$

где  $R$  – радиус сечения формующего отверстия, м;  $r = R/2$  м;

в) для лапши:

$$v_{\text{п}} = v_0 + \frac{1}{4 \cdot \mu} \cdot (\Delta p + \rho_{\text{т}} \cdot g) \cdot \left[ \frac{l^2 - a^2}{2} \right], \quad (24)$$

где  $l$ ,  $a$  – соответственно длина и ширина формующего отверстия, м.

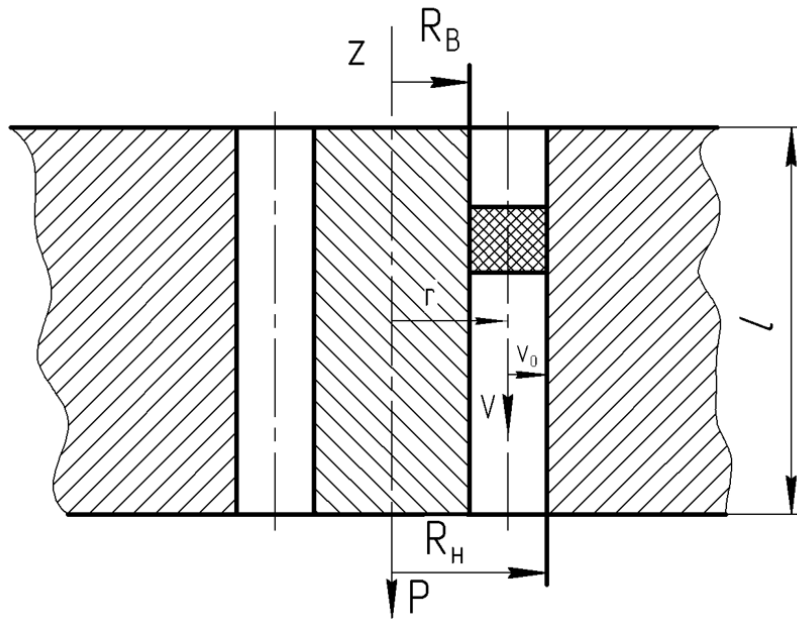


Рисунок 2 – Схема течения теста в кольцевом канале

Расчет на прочность проводят с целью определения допустимой нагрузки (давление прессования) на матрицу, и для прямоугольных матриц толщина  $\delta$ , м:

$$\delta = B \cdot \sqrt{\frac{A \cdot p}{[\sigma]}}, \quad (25)$$

где  $B$  – ширина матрицы, м;  $A$  – коэффициент, который, в зависимости от диаметра отверстий и числа продольных рядов в матрице, составляет 1,40...13,7 (для макарон можно принять  $A = 5$ );  $p$  – расчетное давление прессования, Па;  $[\sigma] = 140 \dots 160$  МПа – допустимое напряжение материала матрицы.

### 2.2.5 Пример расчета

Выполнить расчет макаронного пресса, если задано: шаг шнека  $S = 0,15$  м; длина шнека дозатора муки  $l = 0,55$  м; продолжительность замеса теста  $\tau = 0,16$  ч; производительность макаронного пресса по готовым изделиям  $Q'_n = 375$  кг/ч; частота вращения месильного органа  $n_T = 88$  мин<sup>-1</sup>; максимальная частота вращения шнека  $n_{ш} = 42$  мин<sup>-1</sup>; давление прессования  $p = 6,0$  МПа; начальная влажность макаронного теста  $W_T = 32,0$  %; число формирующих отверстий в матрице  $n_0 = 520$  шт.; вид макаронного изделия – макароны обыкновенные.

### Расчет дозирующего устройства

Производительность шнекового дозатора муки  $Q_M$ , кг/ч, по (1):

$$Q_M = \frac{60 \cdot 3,14 \cdot (0,18^2 - 0,09^2)}{4} \cdot 0,15 \cdot 22 \cdot 60 \cdot 0,8 = 1813 \text{ кг/ч.}$$

Производительность дозатора воды  $Q_B$ , м<sup>3</sup>/ч, по (2):

$$Q_B = 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 0,45 = 0,11 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Потребляемая дозаторами мощности  $N$ , кВт, по (3):

$$N = \frac{1813 \cdot 0,55 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,85} = 1,55 \text{ кВт.}$$

### Расчет тестомесителя

Суммарная вместимость месильных корыт для заданной производительности прессы  $V$ , м<sup>3</sup>, по (4):

$$V = \frac{480 \cdot 0,16}{719 \cdot 0,6} = 0,18 \text{ м}^3.$$

Производительность прессы по сырым изделиям  $Q_{II}$ , кг/ч, по (5):

$$Q_{II} = \frac{375 \cdot (100 - 13)}{(100 - 32)} = 480 \text{ кг/ч.}$$

Общая длина месильных корыт  $L$ , м, по (6):

$$L = \frac{0,18}{0,55} = 0,33 \text{ м.}$$

Площадь поперечного сечения корыта, м<sup>2</sup>, по (7):

$$S_T = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{2} + \left(0,5 - \frac{0,4}{2}\right) = 0,55 \text{ м}^2.$$

Производительность тестомесителя  $Q_T$ , кг/ч, по (8):

$$Q_T = \left[\frac{100 - 32}{100 - 13}\right] \cdot 0,18 \cdot 719 \cdot \frac{0,6}{0,16} = 401,1 \text{ кг/ч.}$$

Максимальный радиус месильного органа  $R$ , м:

$$R = \frac{b}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ м.}$$

Потребная мощность на замес теста  $N_T$ , кВт, по (9):

$$N_T = \frac{3600 \cdot 0,18 \cdot 0,8 \cdot 719 \cdot 0,2 \cdot 9,2 \cdot 9,81}{1000} = 6,7 \text{ кВт.}$$

### Расчет прессующего устройства

Производительность нагнетающего шнека  $Q_{\phi}$ , кг/ч, по (10):

$$Q_{\phi} = 15 \cdot 3 \cdot 1430 \cdot (0,06^2 - 0,027^2) \cdot \left(0,1 - \frac{(25 + 5) \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \cos 28,77}\right) \cdot 42 \cdot 0,21 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 65,4 \text{ кг/ч.}$$

Угол подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека, по (11):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,15}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,044} = 0,55; \quad \alpha = 28,77 \text{ град.}$$

Средний радиус шнека  $R_{\text{ср}}$ , м:

$$R_{\text{ср}} = \frac{0,06 + 0,027}{2} = 0,04 \text{ м.}$$

Коэффициент прессования теста  $k_{\text{п}}$ , по (12):

$$k_{\text{п}} = \frac{719}{1430} = 0,5.$$

Мощность привода прессующего шнека  $N_{\text{ш}}$ , кВт, по (13):

$$N_{\text{ш}} = 6 \cdot 10^6 \cdot 42 \cdot \operatorname{tg} 28,77 \cdot (0,06^3 - 0,027^3) \cdot 10^{-3} = 27,2 \text{ кВт.}$$

### Расчет матриц

Площадь живого сечения матриц  $f_{\text{м}}$ , м<sup>2</sup>, по (15):

$$f_{\text{м}} = \frac{3,14}{4} \cdot 520 \cdot ((5,5 \cdot 10^{-3})^2 - (2,5 \cdot 10^{-3})^2) = 0,01 \text{ м}^2.$$

Площадь матрицы  $F$ , м<sup>2</sup>, по (18):

$$F = \frac{0,01}{0,203} = 0,05 \text{ м}^2.$$

Диаметр круглой матрицы  $D$ , м, по (19):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,048}{3,14}} = 0,25 \text{ м.}$$

Скорость течения (выпрессовывания) теста по формирующим каналам в зависимости от формы сечения канала  $v_{\text{п}}$ , м/с, по (21):

$$v_{\text{п}} = 0 + \frac{1}{4 \cdot 0,4 \cdot 10^4} \cdot (3 \cdot 10^6 + 1430 \cdot 9,81) \cdot \left(\ln \frac{3,5}{2,7}\right)^{-1} \cdot \left[ ((3,5 \cdot 10^{-3})^2 - (2,7 \cdot 10^{-3})^2) \cdot \ln \frac{0,003}{2,7 \cdot 10^{-3}} - (0,003^2 - (2,7 \cdot 10^{-3})^2) \cdot \ln \frac{3,5}{2,7} \right] = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ м/с.}$$

Радиус от оси кольцевого канала  $r$ , м, по (22):

$$r = \frac{(3,5 - 2,7) \cdot 10^{-3}}{2} + 2,7 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Толщина матрицы  $\delta$ , м, по (25):

$$\delta = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 6 \cdot 10^6}{140 \cdot 10^6}} = 0,05 \text{ м.}$$

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о практической работе включает в себя:

- тему, цель работы;
- теоретическую часть, в которой излагаются теоретические основы процесса формования макаронных изделий, классификация шнековых макаронных прессов, кратко характеризуются все стадии прессования макаронных изделий;
- расчетную часть, в которой проводятся расчеты макаронного пресса по предлагаемому варианту (таблица 3).

*Таблица 3 – Исходные данные*

№ варианта	$S$ , м	$l$ , м	$\tau$ , м	$Q'_n$ , кг/ч	$n_m$ , мин <sup>-1</sup>	$n_{ш}$ , мин <sup>-1</sup>	$P$ , МПа
1	0,13	0,40	0,16	375	80	41	6,0
2	0,14	0,42	0,18	380	81	40	7,0
3	0,15	0,45	0,20	385	82	43	6,0
4	0,16	0,48	0,16	390	83	44	7,0
5	0,17	0,50	0,20	395	85	45	6,0
6	0,14	0,52	0,18	400	86	41	7,0
7	0,15	0,55	0,16	375	88	42	6,0
8	0,16	0,60	0,20	380	90	43	7,0
9	0,17	0,60	0,28	490	60	20	9,0
10	0,16	0,55	0,30	495	62	21	10,0
11	0,15	0,52	0,32	500	64	22	9,0
12	0,14	0,50	0,28	505	66	23	10,0
13	0,13	0,48	0,30	510	68	24	9,0
14	0,15	0,45	0,32	515	70	24	10,0
15	0,16	0,42	0,28	520	72	23	9,0
16	0,17	0,40	0,30	525	75	26	10,0
17	0,13	0,55	0,20	375	85	45	6,0
18	0,12	0,60	0,18	495	86	41	7,0
19	0,14	0,50	0,16	385	88	42	6,0
20	0,13	0,60	0,20	400	90	43	7,0
21	0,15	0,55	0,28	420	75	20	9,0
22	0,17	0,52	0,30	430	68	21	10,0
23	0,16	0,50	0,32	450	60	22	9,0
24	0,13	0,48	0,28	500	90	23	10,0
25	0,15	0,50	0,30	525	88	24	6,0



#### **4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Этапы приготовления макаронного теста.
2. Факторы, влияющие на свойства макаронного теста.
3. Цель вакуумирования макаронного теста.
4. Цель формования макаронного теста.
5. Какие виды макаронных изделий получают прессованием?
6. Виды дозаторов муки.
7. Классификация шнековых макаронных прессов.
8. Какие основные устройства входят в состав макаронного пресса?
9. Принцип работы макаронного пресса.
10. Каким образом изменяется производительность пресса?

#### **5. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

1. Остриков, А. Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов. – СПб. : РАПП, 2009. – 408 с.
2. Соколов, В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В. И. Соколов. – М. : Машиностроение, 1983. – 447 с.
3. Харламов, С. В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств / С. В. Харламов. – Л. : Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 256 с.

Учебное издание

**Составитель:**

*Игорь Александрович Мирошниченко*

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ на тему  
«Формующее оборудование»  
по дисциплине «Расчет и конструирование оборудования»  
для студентов специальности  
*1 - 36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»*

Ответственный за выпуск: Мирошниченко И. А.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная верстка: Горбач А. А.

Корректор: Дударук С. А.

---

Издательство БрГТУ

Подписано в печать 27.12.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».

Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,62. Усл. изд. л. 1,75. Заказ №1397. Тираж 18 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267. Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий

№1/25 от 24.03.2014 г.



