

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

Кафедра «Машины и аппараты пищевых производств»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ХЛЕБОПЕКАРНЫХ, МАКАРОННЫХ И КОНДИТЕРСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

**Методические указания к лабораторным работам для
студентов специальности 552401.02
«Технология хлеба, макаронных и кондитерских изделий»**

БИШКЕК – 2010

«Рассмотрено»

на заседании кафедры

«МАПП»

Прот. №5 от 25.11.2010 г.

«Одобрено»

Методической комиссией

технологического факультета

Прот. №7 от 23.12.2010 г.

УДК: 664.61 (072)

Составители: КОЁНОВ А.Т., ДЖУНУСОВ Б.К.

Технологическое оборудование хлебопекарных, макаронных и кондитерских производств: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 552401.02 «Технология хлеба, макаронных и кондитерских изделий» / КГТУ им. И.Раззакова; сост.: А.Т.Коёнов, Б.К. Джунусов. – Б.: ИЦ «Текник», 2010. – 52 с.

Изложены методические принципы лабораторного практикума, даются описание экспериментальных стендов, методики выполнения работ и способ обработки полученных результатов.

Предназначено для студентов очной и заочной формы обучения специальности 552401.02 «Технология хлеба, макаронных и кондитерских изделий» очной и заочной формы обучения.

Табл.: 12. Рис.:10. Библ.:11.

Рецензент: к. т. н., проф. С.Т. Чериков.

Технологическое оборудование хлебопекарных, макаронных и кондитерских производств
Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 552.401.02 «Технология хлеба, макаронных и кондитерских изделий»

Составители: *Коёнов А.Т., Джунусов Б.К.*

Редактор: *Субанбердиева Н.Е.*
Тех. редактор *Бейшеналиева А.И.*

Подписано к печати 17.01.2011 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 3.25 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 27.
Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43

e-mail: beknur@mail.ru

Введение

Хлебопекарные, макаронные и кондитерские (далее ХМК) производства относятся к материалоемкой отрасли. Затраты на сырьё и материалы в этой отрасли составляют 80-85% общих затрат. В связи с этим снижение материалоемкости продукции приобретает особенно важное значение. Правильный подбор оборудования обеспечит рациональное использование сырья, сокращение отходов, а это в свою очередь повлечет снижение материалоемкости продукции.

Значение устройства и работы изучаемого оборудования позволит будущим специалистам умело и грамотно эксплуатировать технику отрасли, играющей важную роль в обеспечении населения нашей республики разнообразными и высококачественными продуктами питания.

Высококвалифицированное использование современной техники немыслимо без глубоких знаний инженерно-техническими работниками теоретических основ работы оборудования.

В подготовке высококвалифицированных специалистов для ХМК производств важная роль принадлежит учебной дисциплине «Технологическое оборудование хлебопекарных, макаронных и кондитерских производств».

Этот курс позволяет глубоко овладеть основами теории процессов, назначение устройств машин и аппаратов, изучить конструкции и принципы эксплуатации. При этом особенно важно выработать у студента конструкторские навыки и умение прогнозировать развитие техники.

За последние годы укрепились связи технического университета с промышленными предприятиями, что позволяет осуществить проведение части лабораторных работ на хлебопекарных, макаронных и кондитерских производствах.

Для успешного проведения лабораторных работ необходимо соблюдать следующие условия: вначале студенты должны изучить содержание и цель лабораторной работы, затем подробно освоить правила техники безопасности работы на машине (аппарате), а также инструкцию по обслуживанию, его разборке и сборке, только затем студенты могут приступить к выполнению лабораторной работы

Лабораторная работа 1

Тестомесильные машины

Цели работы:

1. Изучить принцип действия и конструкцию тестомесильных машин;
2. Определить их производительность, мощность;
3. Охарактеризовать физические свойства продуктов.

Общие сведения

Тестообразные продукты получают в результате механического перемешивания твердых веществ (муки, соли, сахара и т.д.) с жидкими (вода, молоко), сопровождаемого биохимическими и коллоидными процессами. При механическом перемешивании твердые и жидкие вещества равномерно распределяются по всему объему рабочей камеры, происходит смачивание твердых частиц жидкостью, в результате чего образуется вязкая пластичная масса.

Тестомесильные машины, применяемые на кондитерских и предприятиях общественного питания, относятся к смесителям с вертикально вращающейся рабочей камерой и движущейся лопастью.

Действительная производительностью Q_D тестомесильных машин:

$$Q_D = \frac{m}{T}, \quad (1.1)$$

где m – масса продукта, подвергающегося замесу, кг;
 T – суммарное время замеса порции продукта, с.

Теоретическая производительность Q_T тестомесильных машин будет зависеть от объема V_0 дежи, плотности продукта ρ , коэффициент заполнения объема дежи φ и времени загрузки, замеса и выгрузки продукт t_3, t_0, t_6 .

$$Q_T = \frac{V_0 \rho \varphi}{t_3 + t_0 + t_6}. \quad (1.2)$$

Объем V_0 дежи:

$$V_0 = V_k + V_{нар} = \frac{\pi H}{12} (D^2 + Dd + d^2) + \frac{\pi h}{8} (d^2 + d_1^2), \quad (1.3)$$

где V_k – объем усеченного конуса, м³;

$V_{нар}$ – объем усеченного параболоида, м³;

D и d – соответственно большой и малый диаметры усеченного конуса, м;

d_1 – диаметр днища дежи, м;

H и h – соответственно высоты усеченного конуса и параболоида, м.

Коэффициент заполнения рабочей камеры:

$$\varphi = \frac{m}{m_0},$$

где m_0 – предельная масса продукта в деже, кг;

φ – принимается равным 0,5...0,8.

Полезная мощность $N_{пол}$ машины:

$$N_{пол} = N_{общ} - N_{х.х}, \quad (1.4)$$

где $N_{общ}$ и $N_{х.х}$ – соответственно мощности при работе машины под нагрузкой и при холостом ходе, Вт.

Теоретическая мощность N_T тестомесильных машин:

$$N_T = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \quad (1.5)$$

где N_1 – мощность, необходимая на подъем теста месильным рычагом, Вт;

$$N_1 = 0,467mgr_{\max}\omega_l \quad (1.6)$$

где r_{\max} – максимальный радиус окружности, по которой движется лопасть, м;
 ω_l – угловая скорость вращения месильной лопасти, рад/с;

N_2 – мощность, необходимая на преодоление сил сцепления продукта со стенкой дежи, Вт;

$$N_2 = Fc_0r_{\max}\omega_l \quad (1.7)$$

где F – площадь стенок дежи, на которых лопастью преодолевается сопротивление сил сцепления теста со станками, м²;

Для дежи по форме усеченного конуса $F = (D + d)l + 0,785d^2$,

где l – длина образующей конуса;

c_0 – удельное сопротивление сил сцепления продукта со стенками дежи,

Па ($c_0 = 510 \dots 720$ Па);

N_3 – мощность, необходимая для вращения дежи при замесе теста, Вт;

$$N_3 = Mgr_y\omega_d \quad (1.8)$$

где M – масса дежи с продуктом, кг;

m_d – масса дежи, кг ($m_d = 70$ кг);

$M = m_d + m$,

f – коэффициент трения выступа цапфы по диску ($f = 0,1$);

r_y – радиус цапфы, м ($r_y = 0,02$ м);

ω_d – угловая скорость вращения дежи, рад/с;

η_m – КПД машины ($\eta_m = 0,65 \dots 0,7$).

Удельный расход P электроэнергии:

$$P = \frac{N_{пол} \cdot T}{m} \quad (1.9)$$

где T – суммарное время, затраченное на обработку продукта, с;

$$T = t_3 + t_o + t_y.$$

Передаточное отношение редуктора машины:

$$i = \frac{n_1}{n}, \quad (1.10)$$

где n_1 – частота вращения электродвигателя, мин^{-1} ;
 n – частота вращения рабочего вала, мин^{-1} .

Механический КПД η_m машины определяются отношением мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивлений обработанного продукта, к мощности электродвигателя, находящегося под нагрузкой:

$$\eta_m = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{общ}}}, \quad (1.11)$$

Описание стенда

Стенд (рис. 1а, б) представляет собой серийно выпускаемую тестомесильную машину, присоединяемую через магнитный пускатель к источнику электроэнергии.

Для определения полезной мощности применяют контрольно-измерительные приборы.

Для проведения замеров нужно иметь циферблатные и платформенные весы, секундомер, емкости для взвешивания и загрузки продукта.

Конструктивные размеры тестомесильной машины измеряют с помощью гибкого измерительного приспособления.

Методика проведения эксперимента

Работу начинают с изучения имеющихся в лаборатории тестомесильных машин. Для этого знакомятся с устройством машин и отдельными их узлами и деталями. Обращают внимание на форму, расположение и движение месильного рычага и дежи, на механизм закрепления и установку дежи, на предохранительные приспособления.

Затем измеряют основные конструктивные параметры тестомесильной машины: радиус дежи, ее высоту, радиус цапфы, максимальный радиус вращения максимального рычага. Для этого месильный рычаг с лопастью надо поставить в верхнее положение и поднять предохранительный щиток.

При изучении конструкции тестомесильных машин пользуются учебником плакатами и другими средствами технической информации. Заканчивают изучение конструкций составлением кинематических схем.

Получив разрешение преподавателя, приступают к опытам. Преподаватель указывает виды смешиваемых продуктов, их массу. Затем подкатывают дежу с тележкой, устанавливают ее на направляющие станины машины и фиксируют штырями. Опускают предохранительные щитки и включают электродвигатель машины. Замеряют мощность машины при работе на холостом ходу.

В дежу вручную подают предварительно взвешенный продукт или имитатор. Включают электродвигатель и измеряют мощность машины под нагрузкой в процессе замеса.

После окончания замеса машину останавливают, отсоединяют дежу с продуктом от станины и откатывают. Во время опыта измеряют время, затраченное на загрузку, обработку и выгрузку продукта.

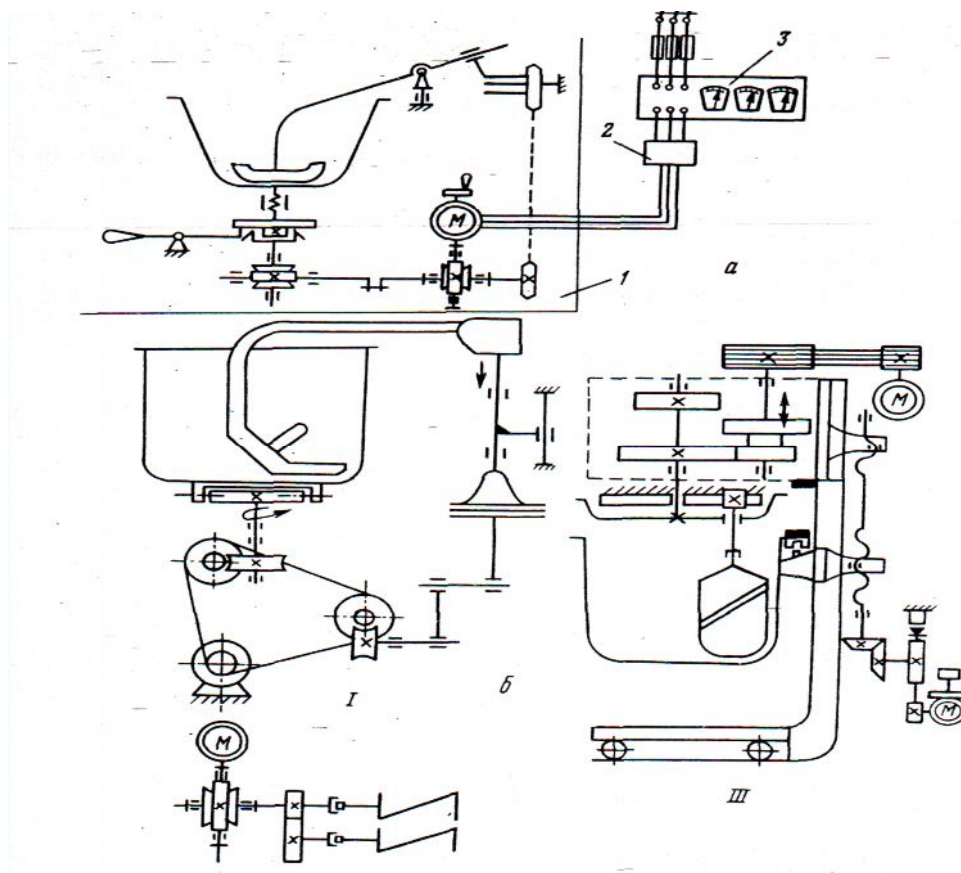


Рис.1. Схема экспериментальной установки:

а- для определения эксплуатационных показателей работы тестомесильных машин типа ТММ-1М; 1 – тестомесильная машина; 2 – магнитный пускатель; 3 – контрольно-измерительные приборы; б- кинематические схемы: I- ТММ-60М; II- МТМ-15; III-МТИ-100

Таблица 1

п/п	Показатели	Условное обозначение	Единица измерения	Опытные данные	Расчетные данные
1	Большой диаметр усеченного конуса	D	м		
2	Малый диаметр усеченного конуса	d	м		
3	Диаметр днища дежи	d_i	м		
4	Высота усеченного конуса	H	м		
5	Высота усеченного параболоида	h	м		
6	Максимальный радиус вращения месильной лопасти	r_{max}	м		
7	Радиус цапфы дежи	r_0	м		
8	Площадь стенки дежи, по которой происходит движение продукта	F	м ²		

9	Частота вращения: вала электродвигателя месильной лопасти дежи	n n_l n_d	мин^{-1} мин^{-1} мин^{-1}		
10	Мощность электродвигателя: при работе на холостом ходу при работе под нагрузкой	$N_{x.x}$ $N_{общ}$	Вт Вт		
11	Масса порции продукта	m	кг		
12	Масса дежи	m_d	кг		
13	Суммарное время замеса	T	с		
14	Объем дежи	V_d	м^3		
15	Действительная производительность	Q_d	кг/с		
16	Теоретическая производительность	Q_T	кг/с		
17	Полезная мощность	$N_{пол}$	Вт		
18	Теоретическая мощность	N_m	Вт		
19	Удельный расход электроэнергии	P	Вт·с/кг		
20	Передаточное отношение для: месильной лопасти дежи	i_l i_d			
21	Механический КПД	η_M			

После окончания эксперимента производят санитарную обработку дежи, месильного рычага с лопастью и станины машины.

Обработка экспериментальных данных и составление отчета

Для составления отчета необходимо начертить несколько кинематических схем, сделать расчеты по приведенным в работе формулам и занести результаты опытов и расчетов в табл. 1.

Кроме того, необходимо сопоставить полученные данные по производительности и мощности с паспортными данными.

Контрольные вопросы

1. Что такое перемешивание, замес?
2. Какая форма месильного рычага, лопасти, используемых в тестомесильных машинах?
3. Какая форма дежи и как устанавливается на станине машины?
4. Какое движение совершает месильный рычаг с лопастью и дежи?
5. Каков механизм передачи движения месильному рычагу с лопастью и деже?
6. Что представляет собой тележка дежи? Каков порядок ее установки на станине и откатки?
7. Какие предохранительные приспособления имеются у тестомесильных машин?
8. Назовите основные неисправности при работе на тестомесильных машинах и пути устранения.
9. Как определяются действительная и теоретическая производительность и мощность?
10. Каковы правила эксплуатации тестомесильных машин?

Лабораторная работа 2

Машины для измельчения пищевого сырья

Цели работы:

1. Изучить принцип действия и конструкции размолочных машин и механизмов;
2. Определить параметры, влияющие на качество измельчения;
3. Произвести ситовой анализ;
4. Определить производительность и сделать расчет степени измельчения.

Общие сведения

Измельчение – это процесс уменьшения размеров кусков твердых продуктов механическим путем. Измельчение крупных кусков называется дроблением, мелких – размолом или помолом.

Основным показателем работы размолочных машин и механизмов является степень измельчения продукта.

Степенью измельчения i^* – называется отношение средних размеров кусков продукта до дробления D , и после дробления d :

$$i^* = \frac{D}{d}. \quad (2.1)$$

Различают следующие размерные классы дробления продуктов: крупный – с размером кусков продукта после дробления 250...40 мм; средний - 40...10; мелкий – 10...1; тонкий – 1...0,4 и коллоидный – до 0,001 мм.

Размолочные машины и механизмы, применяемые на кондитерских и предприятиях общественного питания, осуществляют мелкое и тонкое измельчение твердых продуктов.

К твердым продуктам относят: сахар-песок, перец, зерна кофе, сухари, мак, некоторые виды круп и другие сыпучие продукты.

Важнейшей характеристикой сыпучих продуктов является дисперсность. Она может быть выражена функцией распределения частиц по размерам или величиной удельной поверхности частиц.

Распределение частиц по размерам осуществляется ситовым анализом путем использования набора сит. Широкое применение получили сита пробивные, изготовленные из тонкой листовой стали со штампованными отверстиями, плетеные (проволочные) из крупной металлической проволоки и тканые из шелковых нитей или капрона, нейлона, перлона.

Под размерами сита понимают длину из сторон квадратной ячейки. Так, сито № 4 имеет размер стороны 4 мм, сито № 0,2 - 0,2 мм.

Часть измельченного продукта, прошедшего через отверстия сита, называется проходом, а часть продукта, оставшаяся на сите - сходом.

Сход Y_p определяется как отношение массы частиц m_n данного размерного класса, не прошедших через отверстия сита, к исходной массе измельченного продукта m , выраженное в процентах:

$$Y_p = \frac{m_0}{m} \cdot 100. \quad (2.2)$$

Удельной поверхностью S_y частиц называется отношение площади поверхности частиц к их объему или массе, определяемое по формуле

$$S_y = \frac{6}{d_{cp}} \quad \text{или} \quad S_y = \frac{6}{d_{cp}\rho}, \quad (2.3)$$

где d_{cp} - средний диаметр частиц, м;

$$d_{cp} = \frac{m_1d_1 + m_2d_2 + \dots + m_nd_n}{m}, \quad (2.4)$$

где m_1, m_2, \dots, m_n – масса каждой фракции в пробе измельченного продукта, кг;
 d_1, d_2, \dots, d_n – средний размер частиц данных фракций (среднеарифметическая величина ячеек сита, через которое данная фракция прошла, и отверстий сита, на котором она задержалась) м;
 ρ – насыпная масса продукта, кг/м³.

Пусть a_1 – размер ячейки сита, через которое прошла фракция продукта; a_2 – размер ячейки сита, на котором эта фракция задержалась. Тогда средний размер частиц данной фракции

$$d_{cp} = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad \text{и д.т.}$$

Для последней фракции, оседающей на донышке, средний размер принимается равной половине размера ячейки последнего сита.

Самое верхнее сито должно иметь такой размер ячейки, чтобы он был близок к размеру ячейки нижерасположенного сита и в то же время на этом сите практически не должно быть схода.

Действительная производительность Q_D размолочного механизма:

$$Q_D = \frac{m}{T}, \quad (2.5)$$

где m – масса продукта, подвергающегося измельчению, кг;
 T – суммарное время измельчения продукта, с.

Теоретическая производительность Q_T размолочного механизма типа МС12-15 будет зависеть от площади щели между вращающимся диском и неподвижным барабаном F_0 скорости продвижения продукта по образующей V_0 насыпной массы продукта ρ и коэффициента использования φ :

$$Q_T = F_0 v_0 \rho \varphi \quad (2.6)$$

Площадь щели между вращающимся диском и неподвижным барабаном:

$$F_0 = \frac{\pi(d_{\delta}^2 - d_D^2)}{4} \cdot \sin \alpha, \quad (2.7)$$

где d_{δ} – внутренний диаметр неподвижного барабана, м;

d_D – наружный диаметр вращающегося диска, м;

α – угол между образующей и основанием вращающегося диска, град.

Скорость продвижения продукта по образующей диска:

$$v_0 = \frac{\pi(d_{\delta} + d_{Д})}{120} \cdot n \cdot \operatorname{tg}\beta \cdot \sin \alpha, \quad (2.8)$$

где n – частота вращения диска, мин^{-1} ;

β – угол наклона канавок на вращающемся к плоскости основания диске, град.

Полезная мощность:

$$N_{\text{пол}} = N_{\text{общ}} - N_{\text{х.х.}} \quad (2.9)$$

Удельный расход электроэнергии P , передаточное отношение и механический КПД машин η_m определяются по формулам (1.9), (1.10), (1.11).

Описание стенда

Стенд (рис. 2 а) представляет собой серийно выпускаемый размолочный механизм наименьшей производительности. Размолочный механизм подключен к приводу универсальной кухонной машины, а последний через магнитный пускатель – к электросети.

Для определения полезной мощности, затрачиваемой на измельчение, применяют контрольно-измерительные приборы (ваттметр или амперметр с вольтметром). Для ситового анализа используют набор плетеных или тканых сит и, кроме того, несколько емкостей для приема измельченного продукта, угломер для определения угла конусности вращающегося диска и угла наклона, имеющихся на нем канавок, измерительную линейку, щуп, штангенциркуль.

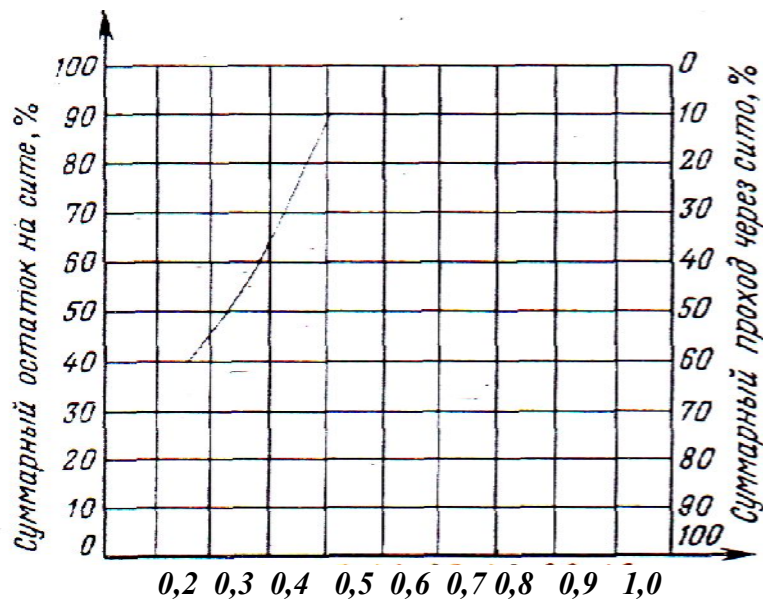
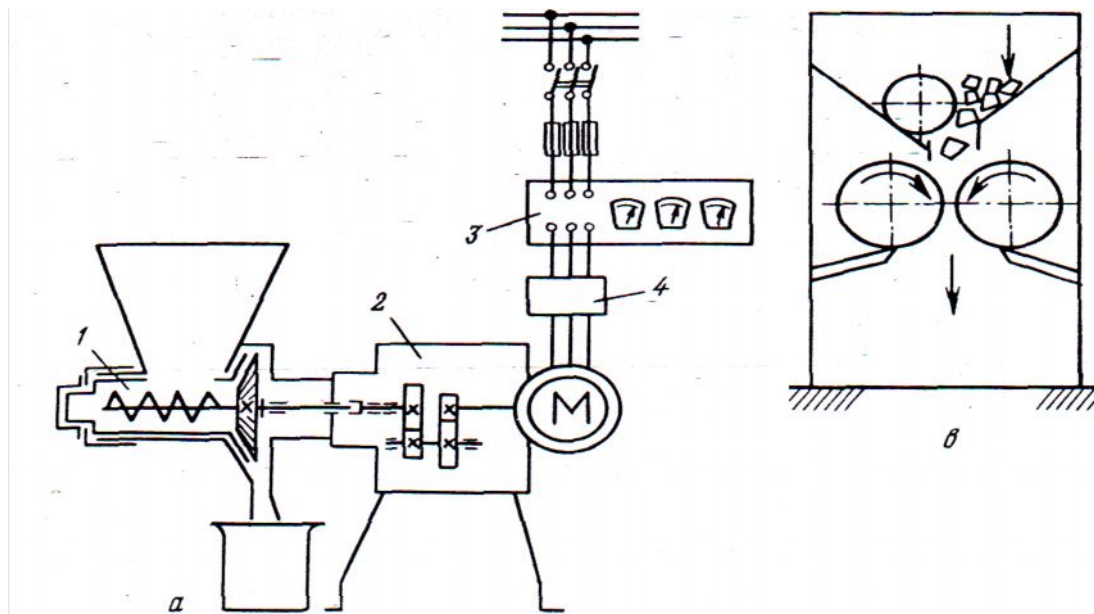
Методика проведения эксперимента

Работу в лаборатории начинают с изучения имеющихся в ней размолочных машин и механизмов, а также отдельных узлов и деталей. Знакомятся с формой и расположением загрузочного и разгрузочного устройств, рабочими органами, механизмами регулирования степени измельчения, передаточным механизмом.

Конструкцию машин для измельчения продуктов изучают по учебнику, а также с помощью плакатов. Изучение устройства заканчивают составлением кинематических схем (рис.2).

Прежде чем приступить к опытам, тщательно изучают конструкцию машин и измеряют основные конструктивные параметры: для механизма МС 12-15 – диаметр неподвижного барабана, диаметр вращающегося диска, угол конусности, угол наклона канавок на вращающемся диске и неподвижном барабане, максимальный и минимальный зазор между диском и барабаном, для механизма МС12-40 – диаметр вращающихся валков, их длину, максимальную и минимальную ширину зазора между валками.

После замера основных конструктивных параметров и знакомства с устройством экспериментальной установки с разрешения преподавателя приступают к опытам. Преподаватель указывает тип размолочного механизма, вид продукта (сахар-песок, кофе в зернах, сухари и т.д.), его массу, зазор между валками.



б Диаметр отверстий сита d , мм

Рис. 2. Схема установки:

а - для определения эксплуатационных показателей работы размолочных механизмов типа МС12-15; **1**- размолочный механизм; **2**- привод; **3**- контрольно-измерительные приборы; **4**- магнитный пускатель; **б**-для определения результатов ситового анализа; **в** - принципиальная схема валкового размолочного механизма типа МДПП-1

Размолочный механизм монтируют в корпусе универсальной кухонной машины, закрепляют его, а затем устанавливают заданный зазор, который контролируют щупом, включают привод и контрольно- измерительными приборами определяют мощность электродвигателя при работе машины на холостом ходу. Выключают машину. На электронных или циферблатных весах отвешивают заданную массу продукта. Определяют средние размеры продукта.

Включают машину и загружают продукт. По секундомеру определяют время, затрачиваемое на измельчение отмеренной порции, а контрольно-измерительными приборами – мощность при измельчении. После окончания процесса измельчения машину останавливают и производят ситовой анализ.

Навеску исследуемой смеси пропускают через ряд сит, размер отверстий которых постепенно уменьшается (сверху вниз), и определяют путем взвешивания массы продукта, задержанную на каждом сите. Результаты заносят в табл.2. Полученные данные позволяют охарактеризовать дисперсность измельченного продукта и построить ее характеристику по крупности.

Таблица 2

№	Диаметр отверстий сит, мм	Ситовой анализ продукта после измельчения на механизме МС12-15.		
		Сход, г	Сход, %	Суммарный сход, %
1	1,0			
2	0,9			
3	0,8			
4	0,7			
5	0,6			
6	0,5			
7	0,4			
8	0,3			
9	0,2			
10	Доньшко			

Таблица 3

№	Показателем	Условное обозначение	Единица измерения	Опытные данные	Расчетные данные
1	Диаметр вращающегося диска	d_0	м		
2	Диаметр неподвижного барабана	d_0	м		
3	Зазор между диском и барабаном	$\delta_{min}\delta_{max}$	м		
4	Заданный зазор	δ	м		
5	Угол наклона канавок на диске	β	град		
6	Конусность	α	град		
7	Чистота вращения: диска вала электродвигателя	n n_1	мин ⁻¹ мин ⁻¹		
8	Масса порции продукта	m	кг		
9	Мощность электродвигателя: при работе на холостом ходу при работе под нагрузкой	$N_{x.x}$ $N_{общ}$	Вт Вт		

10	Время измельчения порции продукта	T	с		
11	Средние размеры исходного продукта: длина толщина ширина	a h b	мм мм мм		
12	Действительная производительность	Q_d	кг/с		
13	Теоретическая производительность	Q_m	кг/с		
14	Полезная мощность	$N_{пол}$	Вт		
15	Удельный расход электроэнергии	P	Дж/кг		
16	Передаточное отношение	i			
17	Степень измельчения	i^*			
18	Удельная поверхность частиц	S	м ² /м ³		
19	Скорость продвижения продукта в щели	v_0	м/с		
20	Площадь щели	F_0	м ²		
21	Сход сита №1 №0,9 №0,8 №0,7 №0,6 №0,5 №0,4 №0,3 №0,2 Доньшко	Y_p m_1 m_2 m_3 m_4 m_5 m_6 m_7 m_8 m_9	г.% г.% г.% г.% г.% г.% г.% г.% г.% г.%		
22	Средний размер частиц по фракциям	d_1 d_2 d_3 d_4 d_5 d_6 d_7 d_8 d_9 d_{10}	мм мм мм мм мм мм мм мм мм мм		

Для этого на горизонтальной оси (рис.2б) откладывают размер отверстий последовательно сит, на вертикальной оси слева – массу фракции, остающейся на каждом сите, в процентах от массы начальной навески, справа – суммарный проход в процентах.

Суммарный сход определяют как сумму сходов на всех ситах (от верхнего до рассматриваемого).

Ситовой анализ выполняется студентами, обучающимися по специальности 552.401.02 «Технология ХМК производств».

Обработка экспериментальных данных и составление отчета

Для составления отчета необходимо: начертить несколько кинематических схем, сделать расчеты по приведенным в работе формулам и занести результаты опытов и расчетов в табл. 2 и 3.

На основании опытных и расчетных данных строят график (см. рис.2, б) характеристик измельченного продукта и делают соответствующие выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие машины и механизмы применяются на кондитерских и предприятиях общественного питания для измельчения продуктов? Приведите их классификацию.
2. Что такое процесс измельчения, степень измельчения? Какие приняты размерные классы дробления? Какой класс дробления используется в размолочных машинах и механизмах?
3. Что такое дисперсность? Какие имеются сита?
4. Что такое проход и сита? Как они определяются?
5. Каково принципиальное устройство размолочных машин и механизмов? Нарисуйте кинематические и принципиальные схемы размолочных машин.
6. Как регулируется степень измельчения в рассматриваемых машинах и механизмах?
7. Каковы правила эксплуатации? Как определяется действительная и теоретическая производительность?

Лабораторная работа 3 Машины для нарезки хлеба

Цели работы:

1. Изучить на практике принцип действия и конструкцию машины для нарезки хлеба;
2. Определить основные параметры, влияющие на качество нарезки хлеба (угол заточки ножа, размеры дискового ножа, расстояние от оси вращения приводного вала до оси ножа, частоту вращения приводного вала, дискового ножа и коэффициент скольжения);
3. Произвести замеры производительности, мощности и определить качественные показатели нарезки хлеба на ломтики.

Общие сведения

Качество нарезки характеризуется внешним видом ломтиков, которые должны быть одинаковой толщины, с гладкой поверхностью среза и не иметь следов деформации при минимальном количестве отходов (крошки).

Качество нарезки хлеба в большой степени зависит от коэффициента скольжения, который представляет собой отношение тангенциальной составляющей скорости движения лезвия рабочего инструмента к нормальной составляющей скорости:

$$K_{\beta} = \frac{v_{\tau}}{v_n} = \frac{r_n n_n}{r_g n_g \cos \alpha^*} + \operatorname{tg} \alpha^*, \quad (3.1)$$

где r_n - радиус дискового ножа, м;

n_n - частота вращения дискового ножа вокруг собственной оси, мин^{-1} ;

r_g - расстояние между осью главного приводного вала и осью дискового ножа, м;

n_g - частота вращения дискового ножа вокруг оси приводного вала, мин^{-1} ;

α^* - угол между перпендикуляром к водилу и радиусом ножа для произвольной точки (задается преподавателем).

Оптимальным коэффициентом скольжения при нарезке хлебобулочных изделий на ломтики считается K_{β} , равный 8...10.

На предприятиях общественного питания в основном эксплуатируются машины для нарезки хлеба, имеющие один дисковый, вертикально расположенный нож, который совершает планетарное движение. Коэффициент скольжения его равен 2,9...3,1.

Конструктивно увеличение коэффициента скольжения можно достичь (рис.3) путем соответствующего подбора передаточного отношения планетарной передачи, диаметра диска и межцентрового расстояния АВ, при этом $v_{\tau} > v_n$.

Другими основными показателями работы машины следует считать производительность и удельный расход энергии при нарезке 1 кг продукта.

Действительная производительность Q_d машины для нарезки хлеба:

$$Q_d = \frac{m}{T}, \quad (3.2)$$

где m - масса нарезаемой порции хлеба, кг;
 T - время цикла нарезки порции хлеба, с;

$$T = t_3 + t_0,$$

где t_3 — время подачи хлеба, с;
 t_0 —время его нарезки, с.

Теоретическая производительность Q_T определяется так же, как и действительная, но при этом рассчитывается время t^* , необходимое для нарезки порции хлеба:

$$t^* = \frac{l \cdot 60}{\delta n_e}, \quad (3.3)$$

где l - длина обрабатываемой порции хлеба, м;
 δ - толщина отрезаемых ломтиков хлеба, м.
 Отсюда

$$Q_T = \frac{m}{t_3 + t_0^*}.$$

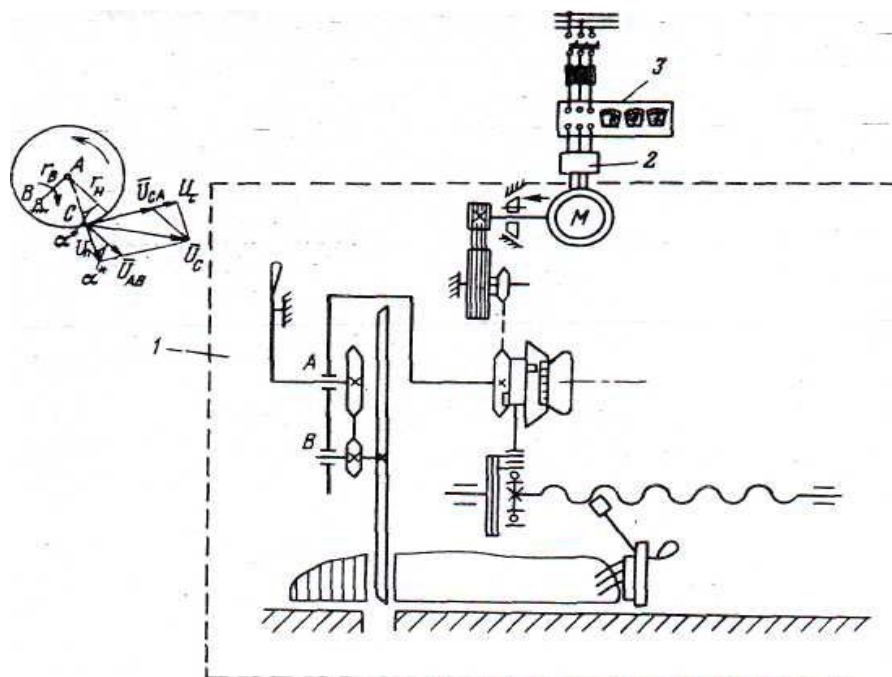


Рис.3. Схема установки для определения эксплуатационных показателей работы хлеборезки:

1- хлеборезка; 2- магнитный пускатель; 3-контрольно-измерительные приборы

Полезная мощность электродвигателя машины:

$$N_{пол} = N_{общ} - N_{х.х}. \quad (3.4)$$

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

Процент отходов хлеба Y при нарезке его на ломтики:

$$Y = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (3.5)$$

где m_1 – масса качественно нарезанных ломтиков хлеба, кг.

Теоретическую мощность N_T хлебoreзки можно найти из выражения

$$N_T = \frac{P_{ин} v_p}{\eta_m}, \quad (3.6)$$

где $P_{ин}$ – проекция результирующего усилия, приложенного к ножу, на направление скорости резания, Н;

$$P_{ин} = P_1 \cdot \cos \beta + P_2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + 2P_2 f \cdot \cos \alpha \quad (3.7)$$

P_1 – усилие на разрезание продукта режущей кромкой ножа, Н;

$$P_1 = q_\epsilon b, \quad (3.8)$$

где q_ϵ – удельное сопротивление продукта резанию на единицу длины лезвия ($q_\epsilon = 400 \dots 1000$ Н/м и зависит от вида хлеба и времени его хранения после выпечки);

b – длина режущей кромки ножа, м (принимается равной диагонали поперечного сечения нарезаемого продукта);

β – угол скольжения ($\beta = \arctg K_\beta$);

P_2 – усилие на отгибание отрезаемого ломтика, Н;

$$P_2 = \frac{5}{6} \alpha G \delta b, \quad (3.9)$$

α – угол заточки дискового ножа, рад;

G – модуль сдвига ($G = (0,4 \dots 1,0) \cdot 10^5$ Па);

δ – толщина отрезаемого ломтика, м;

f – коэффициент трения продукта о дисковый нож ($f \approx 0,4 \dots 0,6$);

v_p – скорость резания продукта, м/с; при $\alpha^* = 0$:

$$v_p = \sqrt{v_\tau^2 + v_n^2} \approx \sqrt{\omega_n^2 r_n^2 + \omega_\epsilon^2 r_\epsilon^2}. \quad (3.10)$$

При α^* , отличных от нуля:

$$v_p = \sqrt{(\omega r_n + \omega_\epsilon r_\epsilon \sin \alpha^*)^2 + (\omega_\epsilon r_\epsilon \cos \alpha^*)^2},$$

где η_m – коэффициент полезного действия передаточного механизма ($\eta_m = 0,7 \dots 0,8$).

Передаточное отношение $i_{n.n}$ планетарной передачи:

$$i_{n.n} = \frac{Z_1}{Z_2} - 1, \quad (3.11)$$

где Z_1 и Z_2 - число зубцов звездочек планетарной передачи соответственно расположенных на главном приводном валу и на оси дискового ножа, шт.

Тогда частота вращения дискового ножа n_n вокруг своей оси будет равна $n_n = n_6 i_{n.n}$.

Удельный расход электроэнергии P , передаточное отношение i и механический КПД η_m машины определяются по формулам (1.9), (1.10) и (1.11).

Описание стенда

Стенд состоит из серийно выпускаемой машины для нарезки хлеба, подключенной к источнику электроэнергии, контрольно-измерительных приборов.

Машину (см. рис.3) включают в электрическую сеть через магнитный пускатель. Расход электроэнергии определяют контрольно-измерительными приборами. Продукт взвешивают на циферблатных весах. Время измеряют секундомером.

Угол заточки лезвия дискового ножа определяют угломером, остальные конструктивные параметры — измерительной линейкой и штангенциркулем.

Методика проведения эксперимента

Работу в лаборатории начинают с изучения имеющихся в ней машин для нарезки хлеба, отдельных их узлов и элементов. Затем знакомятся с формой и расположением ножа, механизмом регулировки толщины, отрезаемых ломтей (при этом надо обращать внимание на крепление эксцентрика в головке шатуна и регулировку эксцентриситета), механизмом подачи продукта к ножу, механизмом передачи движения рабочему инструменту, механизмом заточки ножа, приспособлением для очистки ножа от налипшего хлеба, а также с техникой безопасности и блокировкой машин. При этом пользуются плакатами, а описание машин для нарезки хлеба и принцип их работы изучают по учебнику. Изучение конструкции данных машины заканчивают составлением кинематической схемы. Затем с разрешения преподавателя приступают к проведению экспериментальной части работы. Вид продукта и толщина нарезки ломтиков задаются преподавателем.

Производят частичную разборку машины: закрепляют противовес стопором, снимают с кожуха точильное устройство, верхнюю часть, закрывающую нож, а затем снимают кожух передаточного и регулирующего механизмов. Замеряют основные конструктивные параметры (диаметр дискового ножа, расстояние от оси главного приводного вала до оси дискового ножа), определяют передаточное отношение планетарной цепной передачи и измеряют угол заточки дискового ножа.

Машину для нарезки хлеба собирают и, освободив противовес от стопора, проверяют готовность ее к работе. Для этого проворачивают вручную регулировочный диск и убеждаются в правильности сборки машины (главный приводной вал должен вращаться в направлении, указанном стрелкой на кожухе машины) а также в отсутствии посторонних предметов под ножом и в лотках. Устанавливают заданную преподавателем толщину нарезки ломтиков. Затем включают электродвигатель и контрольно-измерительными приборами измеряют мощность машины на холостом ходу.

Взвешивают порцию хлеба, закрепляют его вилкой в каретке подающего устройства и устанавливают заданную толщину на резки ломтиков. Включают машину и отмечают по секундомеру время начала нарезки хлеба и время остановки машины.

Во время нарезки хлеба измеряют мощность электродвигателя.

После окончания работы машину отключают от электросети, отодвигают лоток с нарезанным хлебом из зоны нарезки, взвешивают хлеб и визуально оценивают качество его нарезки.

После этого скребками очищают нож от прилипшего к нему хлеба, для чего нажимают на кнопки, размещенные около точильного приспособления.

Опыт повторяют на другом сорте хлеба. Во время проведения опыта и после остановки машины категорически запрещается вынимать руками застрявшие ломтики хлеба.

Для этого стопорным винтом фиксируют противовес, разворачивают стойку заточного приспособления на 180° , абразивные диски подводят к ножу, ручку рукоятки переводят в горизонтальное положение и вращают ее. При вращении рукоятки вращательное движение через цепную передачу передается дисковому ножу, чем и обеспечивается его заточка. Перед заточкой дисковый нож очищают от налипших крошек хлеба.

Обработка экспериментальных данных и составление отчета

Для составления отчета необходимо начертить кинематическую схему, сделать расчеты по приведенным в работе формулам и занести результаты опытов и расчетов в табл. 4.

Полученные данные по производительности и мощности сопоставляют с расчетными и паспортными данными.

Кроме того, данные, полученные при нарезке различных сортов хлеба, сравнивают между собой.

Таблица 4

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Опытные данные	Расчетные данные
1	Частота вращения: вала электродвигателя главного приводного вала дискового ножа	n n_v n_n	мин^{-1} мин^{-1} мин^{-1}	
2	Число зубцов звездочек планетарной передачи:			

	на главном приводном валу на оси дискового ножа	z_1 z_2	шт. шт.	
3	Передаточное отношение планетарной передачи	$I_{n.n}$		
4	Радиус ножа	r_n	м	
5	Расстояние между осями главного приводного вала и дискового ножа	r_e	м	
6	Пределы регулирования толщины на резки ломтиков	$\delta_{max}, \delta_{min}$	мм	
7	Угол заточки дискового ножа	α	град	
8	Ширина отрезаемого ломтика	b	м	
9	Длина нарезаемой порции хлеба	L	м	
10	Толщина нарезаемых ломтиков	δ	мм	
11	Масса нарезаемого хлеба	m	кг	
12	Масса хлеба после нарезки	m_1	кг	
13	Мощность электродвигателя при работе на холостом ходу	$N_{x.x}$	Вт	
14	Мощность электродвигателя при работе под нагрузкой	$N_{общ}$	Вт	
15	Действительная производительность	Q_d	кг/с	
16	Теоретическая производительность	Q_m	кг/с	
17	Полезная мощность	$N_{пол}$	Вт	
18	Теоретическая мощность	N_m	Вт	
19	Коэффициент скольжения	K_β		
20	Процент отходов	Y		
21	Удельный расход энергии при нарезке 1 кг хлеба.	P	Дж/кг	
22	Механический КПД	η_m		

Контрольные вопросы

1. Каково принципиальное устройство машины для нарезки хлеба? Нарисуйте ее кинематическую схему.
2. Какую форму имеет режущий инструмент, какое движение он совершает, как передается это движение?
3. Какое движение совершает продукт, как передается ему движение?
4. Как регулируется толщина нарезки ломтиков хлеба?
5. Как производится очистка и заточка ножа?
6. Что предусмотрено для безопасной работы машины для нарезки хлеба?
7. Какой способ резания применяется в машине? Нарисуйте план скоростей для различных точек дискового ножа машины для нарезки хлеба.
8. Назовите основные неисправности при работе машины для нарезки хлеба.
9. Каковы правила эксплуатации машин?
10. Как определяются коэффициент скольжения, производительность, мощность машины?

Лабораторная работа 4 Взбивальные машины

Цели работы:

1. Изучить принцип действия и конструкцию взбивальных машин и механизмов, наиболее распространенных в общественном питании и на кондитерском производстве;
2. Определить их производительность и мощность;
3. Охарактеризовать физические свойства продуктов до и после взбивания.

Общие сведения

Целью механического перемешивания является образование нового продукта в виде однородной массы, состоящей из отдельных частичек разнородных продуктов. Если перемешивание сопровождается насыщением продукта мельчайшими пузырьками воздуха, то такой процесс называется взбиванием.

На кондитерских и предприятиях общественного питания для перемешивания и взбивания жидких смесей применяют взбивальные машины и механизмы, имеющие вертикально расположенную неподвижную рабочую камеру и взбиватели, вращающиеся вокруг своей оси и оси приводного вала.

Действительная производительность Q_D взбивальных машин и механизмов:

$$Q_D = \frac{m}{T}, \quad (4.1)$$

где m - масса продукта, подвергающегося взбиванию, кг;

T - время цикла обработки порции продукта, с.

Теоретическая производительность Q_T , взбивальных машин и механизмов будет зависеть от объема рабочей камеры V_0 , плотности продукта ρ , коэффициент заполнения рабочей камеры φ и времени загрузки, взбивания и выгрузки продукта $t_з$, t_0 , $t_в$:

$$Q_T = \frac{V_0 \rho \varphi}{t_з + t_0 + t_в}, \quad (4.2)$$

Коэффициент заполнения рабочей камеры

$$\varphi = \frac{m}{m_0},$$

где m_0 – предельная масса продукта в рабочей камере, кг.

Плотность продукта до взбивания, а также после взбивания ρ_i :

$$\rho_i = \frac{m_i}{V}, \quad (4.3)$$

где m_i – масса порции продукта, кг;

V – объем порции продукта, м³ (задается преподавателем, например $V = 100$ мм³).

Определение плотности продукта проводят студенты, обучающиеся по специальности 552.401.02 «Технология ХМК производств».

Полезная мощность машины:

$$N_{пол} = N_{общ} - N_{х.х} \quad (4.4)$$

Теоретическая мощность N_T взбивальных машин и механизмов зависит от многих факторов: физических и реологических свойств продуктов, формы, размеров и скорости движения взбивателей и др.

Приближенно теоретическую мощность можно определить по формуле

$$N_T \approx \frac{N}{\eta_m}, \quad (4.5)$$

где N - мощность, необходимая на преодоление сил межмолекулярного сцепления между частицами продукта, Вт;

$$N = P_x V_{ин} = K_0 F_{лz} V_{ин}^3 \quad (4.6)$$

где P_x —сопротивление, оказываемое средой движущемуся взбивателю, Н;

$$P_x = \xi F_{лz} \cdot \frac{\rho v_{ин}^2}{2}, \quad (4.7)$$

где $v_{ин}$ — скорость движения взбивателя относительно продукта, м/с;

$$v_{ин} = \frac{\pi R_1 n_1}{30} \cdot \alpha, \quad (4.8)$$

где R_1 – радиус взбивателя, м;

n_1 – частота вращения взбивателя вокруг своей оси, мин⁻¹;

α – коэффициент проскальзывания (при $v_{ин}$ в пределах от 0,7 до 8 м/с α принимается от 0,8 до 0,2);

ξ – коэффициент лобового сопротивления;

$$K_0 = \frac{\xi \rho}{2}.$$

При перемешивании жидкого теста $K_0 = 5000...6000$; при взбивании белков, сливок $K_0 = 3000...4000$; при взбивании муссов, кремов $K_0 = 4000...5000$.

$F_{лz}$ – площадь проекции взбивателя на плоскость, перпендикулярную вектору скорости его перемещения, м²;

Z – количество лопастей, шт.;

a – коэффициент запаса мощности ($a = 1,1...1,2$);

η_m – КПД механических передач машины ($\eta_m = 0,7...0,8$).

Удельный расход P электроэнергии, передаточное отношение i и механический КПД η_m машины определяются по формулам (1.9), (1.10), (1.11).

Описание стенда

Стенд (рис.4, **а**, **б**) представляет собой серийно выпускаемую взбивальную машину или механизм, присоединяемый к приводу универсальной кухонной машины. Машина подключена через магнитный пускатель к источнику

электроэнергии. Для определения полезной мощности применяют контрольно-измерительные приборы. Для определения производительности машины используют циферблатные (или электронные) весы, секундомер, емкости для загрузки и выгрузки продуктов, для определения плотности продукта и после взбивания — мерный цилиндр.

Конструктивные размеры взбивальной машины измеряют с помощью штангенциркуля и измерительной линейки.

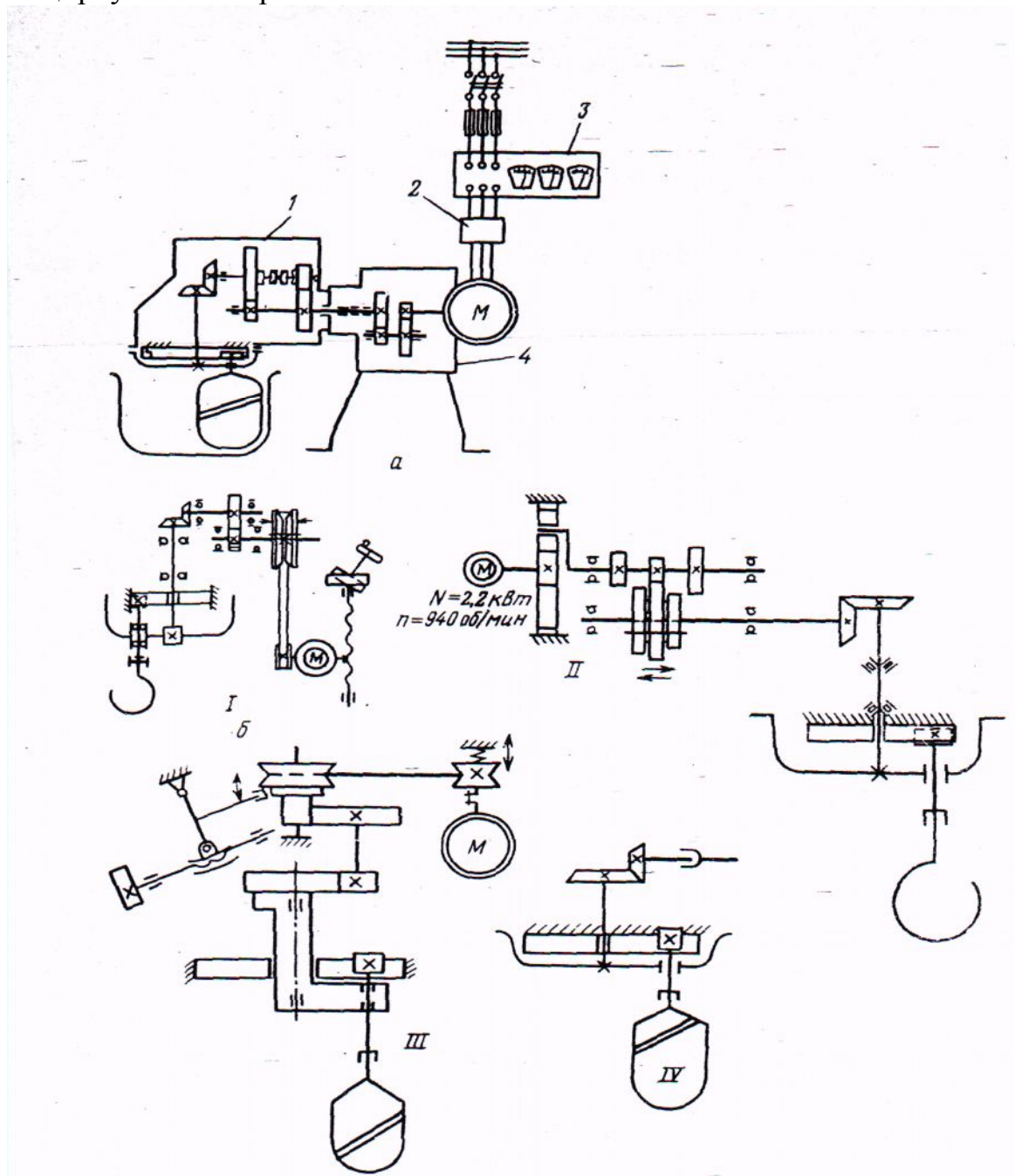


Рис.4. Схема установки:

а - для определения эксплуатационных показателей работы взбивальных машин типа МС4-7-8-20с приводом; *1*- взбивальный механизм; *2* - магнитный пускатель; *3* - контрольно-измерительные приборы; *4* - привод; *б* - кинематические схемы: *I* -МВ-6; *II* -МВ-60; *III*-МВ-35М; *IV*-МВПШ-1

Методика проведения эксперимента

Работу в лаборатории начинают с изучения имеющихся в лаборатории взбивальных машин и механизмов. Для этого знакомятся с устройством машин и отдельными их узлами и деталями. При этом особое внимание обращают на форму и расположение рабочих органов (взбивателей) и месильного бачка, на устройство для измерения скорости вращения взбивателей, на их крепление к фундаменту или в корпусе универсального привода, на передаточный механизм.

При изучении конструкции взбивальных машин и механизмов пользуются учебником, а также плакатами и другими средствами технической информации. Заканчивают изучение конструкции составлением кинематических схем.

Затем измеряют основные конструктивные параметры взбивальной машины: диаметр месильного бачка, высоту его цилиндрической и суженной частей, диаметр днища, высоту и ширину лопасти, зазор между взбивателем и месильным бачком, эксцентриситет взбивателя.

Далее с разрешения преподавателя приступают к опытам. Преподаватель указывает вид продукта или имитатора (технический глицерин, метилцеллюлоза и др.), его массу, частоту вращения взбивателя.

Измеряют мощность машины при работе ее на холостом ходу, закрепляют соответствующий взбиватель в зависимости от консистенции и физико-механических свойств смеси. Устанавливают частоту вращения взбивателя, исключение составляют взбивальные машины МВ-6, МВ-35, МВ-35М, у которых частота вращения взбивателя устанавливается во время работы механизма. Затем наливают в мерный цилиндр 100 мм^3 продукта, подлежащего взбиванию, взвешивают его и определяют плотность.

Зная объем V_0 месильного бачка (из технической характеристики), плотность продукта, рекомендованный коэффициент заполнения рабочей камеры $\varphi = 0,3 \dots 0,5$, определяют массу продукта, подвергающегося взбиванию. Затем эту массу продукта делят на три порции.

В месильный бачок вручную подают подлежащую перемешиванию и взбиванию первую порцию продукта (имитатора). Загружать месильный бачок рекомендуется не более чем на $\frac{2}{3}$ его объема. Измеряют мощность машины при работе ее под нагрузкой. После получения однородной смеси, что определяется визуально, механизм выключают, а взбиватель снимают с месильного вала и удаляют из бачка. Бачок снимают со станины и освобождают от содержимого.

При проведении опыта отмечают время, затраченное на загрузку, обработку и выгрузку продукта

Таблица 5

п/п	Показатели	Условное обозначение	Единица измерения	Опытные данные	Расчетные данные
1	Диаметр месильного бачка	D	м		
2	Высота цилиндрической части месильного бачка	H	м		
3	Высота суженной части бачка	h	м		

4	Диаметр днища	d	м		
5	Высота взбивателя	h	м		
6	Ширина взбивателя	b	м		
7	Эксцентриситет взбивателя	e	м		
8	Зазор между взбивателем и месильным бачком	δ	мм		
9	Частота вращения: Вала электродвигателя Приводного вала	n n_1 n_2 n_3	мин ⁻¹ мин ⁻¹ мин ⁻¹ мин ⁻¹		
10	Мощность по ваттметру: для 1-го замера при n_1 для 2-го замера при n_2 для 3-го замера при n_3	$N_{1x.x}$ $N_{1общ}$ $N_{1пол}$ $N_{2x.x}$ $N_{2общ}$ $N_{2пол}$ $N_{3x.x}$ $N_{3общ}$ $N_{3пол}$	Вт Вт Вт Вт Вт Вт Вт Вт Вт		
11	Время: загрузка обработки выгрузки	t_1 t_o $t_в$	с с с		
12	Масса 100мм ³ продукта: до взбивания после взбивания по 1-му замеру по 2-му замеру по 3-му замеру	m_o m_1 m_2 m_3	г г г г		
13	Плотность продукта: до взбивания после взбивания по 1-му замеру по 2-му замеру по 3-му замеру	ρ_o ρ_1 ρ_2 ρ_3	кг/м ³ кг/м ³ кг/м ³ кг/м ³		
14	Масса загружаемой порции продукта	m	кг		
15	Действительная производительность	Q_o	кг/с		
16	Теоретическая производительность	Q_m	кг/с		
17	Объем месильного бачка	V_o	м ³		
18	Коэффициент заполнения бачка	φ			
19	Удельный расход электроэнергии	P	Дж/кг		
20	Теоретическая мощность	N_T	Вт		
21	Передаточное отношения	i			
22	Механический КПД	η_m			

Определяют плотность полученной смеси. Затем производят взбивание второй и третьей порций продукта, но уже при другой частоте вращения взбивателя, и также измеряют мощность машины и плотность продукта. При этом следует иметь в виду, что на обработку продукта должно быть затрачено равное время.

После окончания эксперимента производят санитарную обработку взбивателя, месильного бачка и открытой части передаточного механизма.

Обработка экспериментальных данных и составление отчета

Для составления отчета необходимо начертить несколько кинематических схем, сделать расчеты по приведенным в работе формулам и занести результаты опытов и расчетов в табл. 5.

На основании опытных и расчетных данных строят зависимость плотности продукта от частоты вращения взбивателя. На оси абсцисс откладывают частоту вращения, а на оси ординат плотность продукта после взбивания. Сравнивают действительную и теоретическую производительность, сопоставляют мощность, коэффициент заполнения бачка с оптимальными их значениями.

Контрольные вопросы

1. Что такое перемешивание, взбивание?
2. Какая применяется форма рабочих органов во взбивальных машинах, и какое движение они совершают?
3. Опишите принципиальное устройство и работу взбивальных машин и механизмов.
4. Как регулируется частота вращения рабочих органов в различных взбивальных машинах и механизмах?
5. Как определяются производительность, мощность во взбивальных машинах?
6. От каких характеристик зависит теоретическая мощность?
7. Назовите основные неисправности взбивальных машин и способы их устранения.
8. Каковы правила эксплуатации взбивальных машин и механизмов?

Лабораторная работа 5

Изучение конструкций матриц макаронного пресса

Цели работы:

1. Изучить конструкции матриц для формирования трубчатых, лентообразных и фигурных макаронных изделий.
2. Изучить устройство формирующих каналов и вкладышей матриц.
3. Изучить применение конструкционных материалов в формирующих элементах матриц.
4. Произвести расчет производительности матриц, исходя от основного фактора пропускной способности.

Общие сведения

Макаронные изделия вырабатываются из пшеничной муки высокого качества специального помола (ГОСТ 12336-66 и ГОС 12307-66). При изготовлении макаронных изделий могут применяться различные вкусовые и обогатительные добавки: яйцепродукты, томатопродукты, молоко и др. Сорт изделий определяется сортом муки и применяемыми добавками.

Весь ассортимент макаронной продукции по ГОСТу подразделяется на 4 типа:

- трубчатые изделия (макароны, рожки, перья);
- нитеобразные изделия (вермишель)
- лентообразные изделия (лапша гладкая, гофрированная, волнообразная и др.);
- фигурные изделия (алфавит, звездочки, шестеренки, ушки, бантики, ракушки).

Макаронные изделия формируются выпрессовыванием теста через особые отверстия матрицы или методом штампования из тонкой ленты теста. В зависимости от способа формования различают 2 группы макаронных изделий: прессовые (формируются с помощью прессов) и штампованные (формируются штамповочными машинами из тестовой ленты).

Матрицы работают под значительными нагрузками, поэтому они изготавливаются из прочных материалов. Расчетное рабочее давление прессования принято 12 МПа. К материалам матрицы предъявляются высокие требования в отношении стойкости и коррозии. Тесто является агрессивной средой, поскольку она содержит кислореагирующие вещества.

Окисление металла матриц ведет к быстрому износу поверхности формирующих элементов, стиранию полировки, что и является причиной выпуска шероховатых изделий. Матрица должна выдерживать значительные давления, противостоять изгибу и срезающим нагрузкам, передаваемым матрице давлением теста.

Материалом для изготовления матрицы чаще всего служит латунь или бронза. Особо ценится фосфористая бронза, именно из нее изготавливаются лучшие матрицы. Для матрицы пригодна и нержавеющей сталь.

Формирующие отверстия матриц можно свести к трем основным видам:

1. кольцевые или замкнутые любой геометрической конфигурации отверстия с вкладышами;
2. отверстия без вкладышей;
3. отверстия щелевые.

С помощью матриц с кольцевыми отверстиями и вкладышами получают трубчатые изделия (макаронны круглые, макаронны эллипсоидные, рожки трехгранные, круглые, квадратные и пр.). Используя матрицы с круглыми отверстиями без вкладыша, получают нитеобразные изделия (вермишель разного диаметра и суповые засыпки в виде зерен, кружков, семян). Матрицы с щелевыми отверстиями дают лентообразные, фигурные изделия (лапшу, скорлупки, ракушки и пр.) и тестовую ленту (полотно) для формования штампованных изделий.

Для формования макарон применяются в основном два профиля формирующего отверстия: модель ГМ-25Д, разработанная НИЛМАП, и модель конструкции Коломейцева с двухперым вкладышем. Канал матрицы модель ГМ-25Д с трехперым вкладышем показан на рис. 5 *а, б*. Верхняя цилиндрическая часть называется входной камерой, диаметр ее 11 мм, высота 9 мм, в ней укреплен на своих опорах вкладыш. Вторая цилиндрическая часть является переходной, диаметр ее 8 мм и высота 9 мм. Третья часть, выходная, называется формирующей камерой, или формирующим каналом, диаметр его 7 мм, высота 2-5 мм.

Поступая во входную цилиндрическую часть большого диаметра, тесто рассекается опорами вкладыша на три потока. Обойдя перья вкладыша, тесто попадает во вторую цилиндрическую часть меньшего диаметра, где оно подпрессовывается, склеивается и, обтекая ножку вкладыша, выходит из формирующего канала в виде трубки. Камеры подпрессовки и формирующий канал выполняют самую главную и ответственную роль: они не должны быть слишком низкими, чтобы было достаточно времени трем потокам теста вновь соединиться в трубку. Если камера высока, то возрастает сопротивление прессования и производительность прессы снижается.

Широко применяются матрицы с применением полимерных материалов в формирующих каналах. Они обладают малой адгезионной прочностью к тесту.

Наиболее просты матрицы для изготовления вермишели. В СССР приняты матрицы с цилиндрическими отверстиями, конструкции НИЛМАП и В.И. Коломейцева. Матрицы для вермишели (рис.6) представляют, собой диск из нержавеющей стали или бронзы, в котором высверлены цилиндрические углубления.

В доньшках просверлено семь формирующих цилиндрических отверстий $d=1,2$ мм. При использовании фторопласта - 4, запрессовывается капсула с отверстиями из фторопласта, сверху они защищены от давления запрессованными дисками из латуни.

Матрицы для формования лентообразных изделий (лапши), отличаются от матриц для вермишели формирующей целью (рис.7). Размеры целей соответствуют толщине и ширине лапши.

Для формования тестовой ленты применяют матрицы с узкой щелью (рис. 7,*а*). Матрица для формования гофрированной лапши показана на рис.7,*б*.

Расчет пропускной способности матрицы

Производительность макаронного пресса зависит от многих факторов. Решающим из них является пропускная способность матрицы. Расчеты пропускной способности матрицы могут производиться в 2-х вариантах: для действующих и проектируемых.

В первом случае исходными данными для расчета являются размеры матрицы, её диаметр, число отверстий, суммарная площадь живого сечения и средняя скорость прессования. Пропускная способность матрицы зависит от суммарной площади живого сечения формирующих отверстий, размещенных на её поверхности и от скорости выхода теста через эти отверстия.

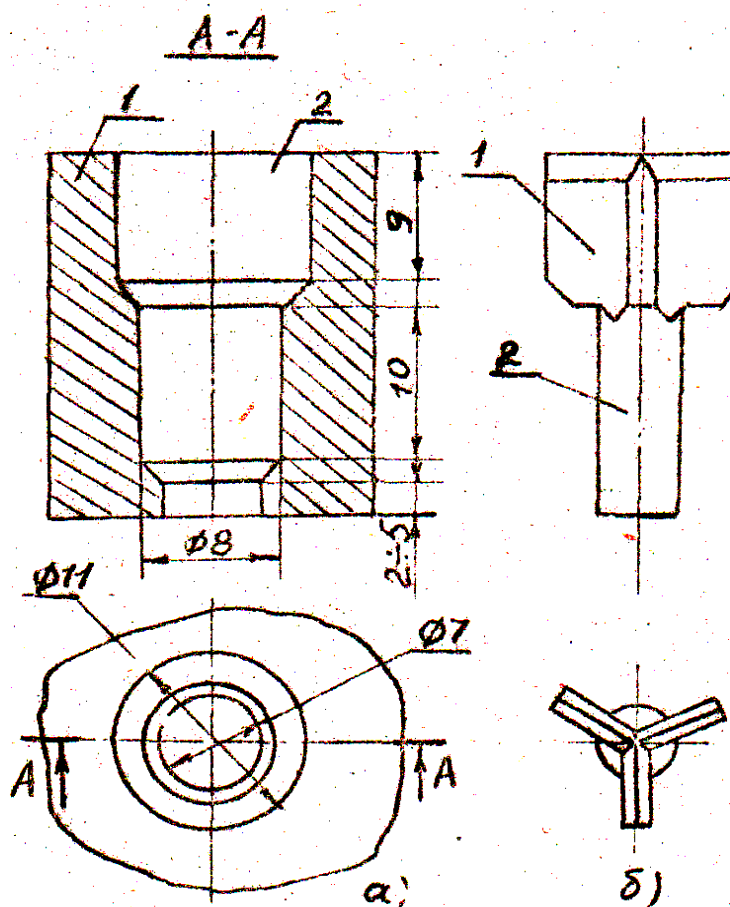


Рис.5. Формующие элементы матрицы для макарон: а) канал матрицы: 1-матрица, 2-канал; б) трехперый вкладыш: 1-опора вкладыша; 2- ножка вкладыша

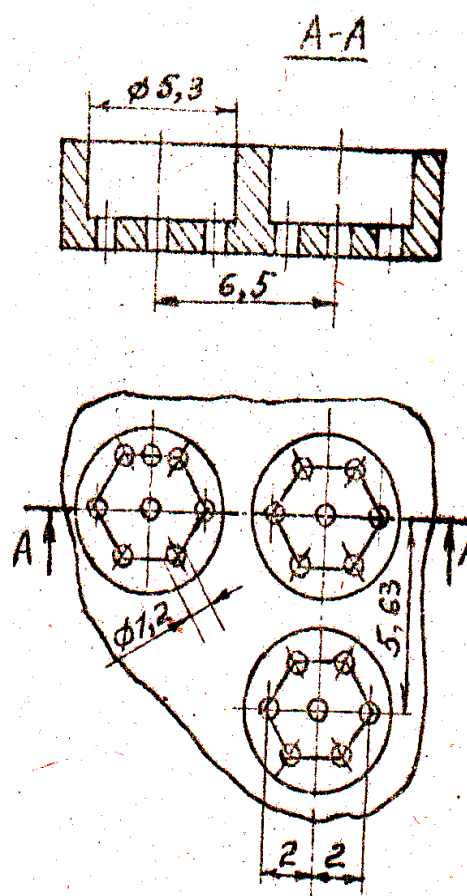


Рис.6. Матрица для формирования вермишели

Для проектирования новой матрицы должны быть заданы пропускная способность (производительность), количество отходов вторичной переработки, скорость прессования изделий. На основании этих данных рассчитывается необходимая суммарная площадь живого сечения $\sum f$:

$$\Sigma f = \frac{(1+0,01K)G}{3,6\rho v}, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

где K - количество отходов вторичной переработки, в % ;
 G - часовая производительность матрицы, кг/ч;
 ρ – плотность теста, г/дм³ (в диапазоне давлений 7,0-11,0 МПа применяется равной 1,44 кг/дм³);
 v - скорость прессования макаронных изделий, м/с.

Общая площадь матрицы

$$F_M = \frac{\Sigma f}{0,01S}, \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

где S - суммарная площадь живого сечения отверстий, % и общей площади матрицы.

Диаметр круглой матрицы:

$$D_M = \sqrt{\frac{4F_M}{\pi}}, \text{ м}. \quad (5.3)$$

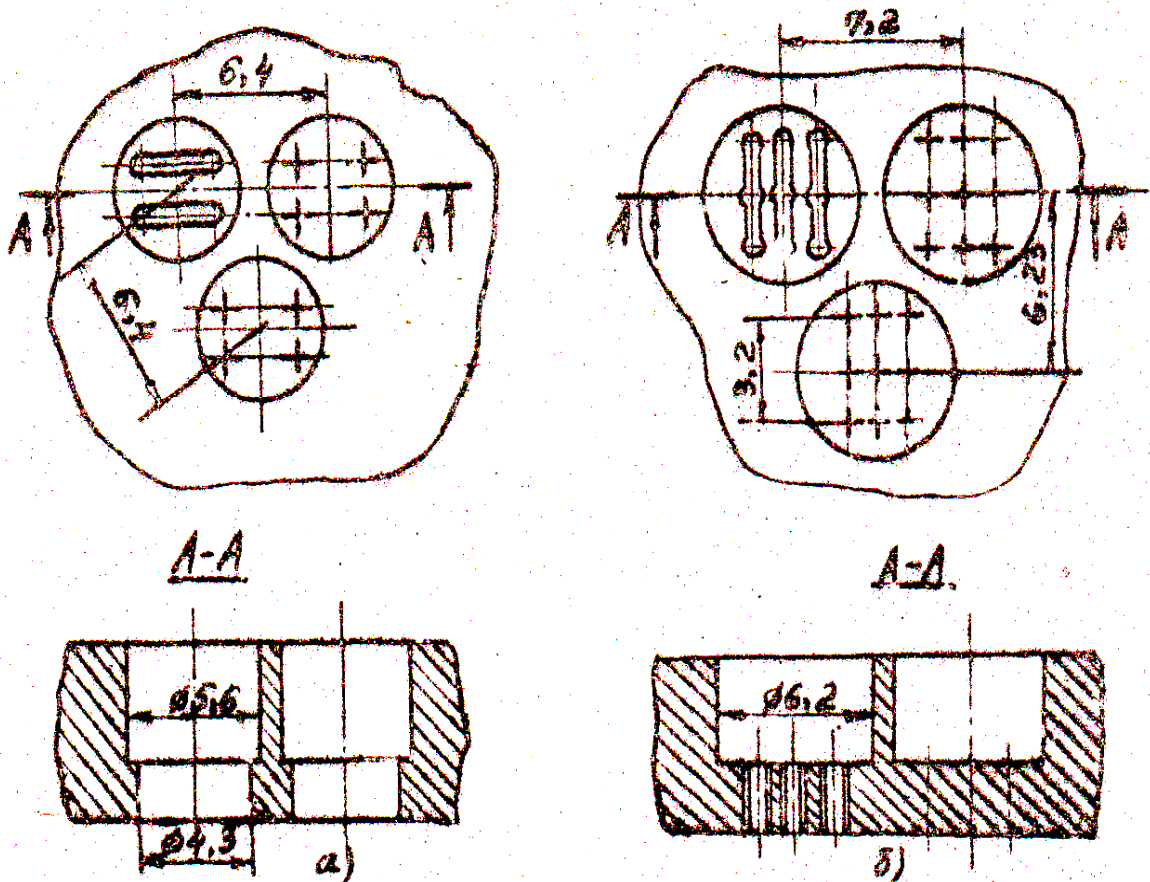


Рис. 7. Матрицы для формования лапши:
 а) для гладкой лапши; б) для тройной гофрированной лапши

Для расчета производительность матрицы принять следующие средние значения скоростей прессования (табл.6).

Таблица 6

Изделия	Диаметр, мм	Скорость прессования, мм/с
Макаронны	7x4,8	15-25
Макаронны особые	6x4,0	10-15
Соломка	4x3,5	5-7
Вермишель	0,5x1,5	25-35
Прессовая лапша	-	20-25

Порядок выполнения работы

1. Изучить по учебнику [8;9] процесс производства макаронных изделий и дать принципиальную схему шнекового макаронного пресса ЛПЛ-2М.
2. Определить во время занятий для производства, каких видов макаронных изделий используются имеющиеся в лаборатории матрицы №1, №2, №3, №4.
3. Изучить конструкции матриц, имеющихся в лаборатории, дать эскизы формирующих элементов, с нанесением размеров и указанием материалов матриц.
4. Рассчитать пропускную способность каждой матрицы, исходя из геометрических параметров матрицы средней скорости прессования изделий.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется формования трубчатых и сплошных макаронных изделий?
2. С какой целью применяются в матрицах полимерные материалы?
3. Для каких целей вакуумируют тесто?
4. От каких параметров зависит производительность прессовых матриц?
5. Какие бывают конструкции, из какого материала они изготавливаются?
6. Какие факторы влияют на качество макаронных изделий?
7. Почему к материалам матриц предъявляются особые требования?
8. Какое принято рабочее давление для макаронных матриц?
9. Как осуществляется проектный расчет матрицы?

Лабораторная работа 6 Пищеварочные котлы

Цели работы:

1. Изучить конструкцию и принцип действия пищеварочных котлов, работающих на различных видах энергоносителей.
2. Научиться составлять материальный и тепловой балансы.
3. Экспериментально определять основные показатели работы пищеварочных котлов.

Общие сведения

Пищеварочные котлы широко применяются на кондитерских фабриках и предприятиях общественного питания. Котлы работают на электроэнергию, паровом обогреве, газообразном, твердом и жидком топливе.

Варочный сосуд котлов обогревается или непосредственно энергоносителем, или косвенно через промежуточный теплоноситель, которым является влажный пар, заполняющий пароводяную рубашку. Промежуточный теплоноситель создает равномерное температурное поле на стенке сосуда и ограничивает верхний уровень температуры, равный температуре кипения воды при давлении 150 кПа, т. е. 111 °С. Поэтому в котлах с косвенным обогревом исключается возможность пригорания при варке пищевых продуктов.

Пищеварочные котлы являются аппаратами периодического действия и для них наиболее энергоемким является период разогрева аппарата с содержащим варочного сосуда. Для рационального расходования энергоносителя по окончании режима разогрева необходимо снижать расход энергоносителя.

В электрических и газовых аппаратах эта операция осуществляется автоматически, а в паровых и твердотопливных — вручную.

Конструкция пищеварочных котлов изучается путем непосредственного осмотра аппаратов и деталей, имеющих в лаборатории, а также с помощью плакатов, на которых представлены общие виды и разрезы пищеварочных котлов и отдельных их частей. Устройство котла и принцип его работы изучаются по учебнику.

Работа пищеварочного котла состоит из двух стадий: нагрева его содержимого до температуры кипения жидкой среды (нестационарный режим – период разогрева) и собственно варки (стационарный режим – период «тихого кипения»), когда содержимое варочного сосуда доводится до состояния готовности.

Для правильного ведения технологического процесса определения выхода готового продукта и количества испарившейся воды составляется материальный баланс, который имеет следующий вид:

$$M_1 + W = M_2 + \Delta W + W_1, \quad (6.1)$$

где M_1 – суммарная масса загружаемых продуктов, кг;

W – масса жидкой среды (вода, молоко, сироп и т.д.), загружаемой в аппарат, кг;

M_2 – масса готового продукта, кг;

ΔW – масса выпаренной воды, кг;

W_1 – масса воды, удаляемой после окончания процесса варки некоторых продуктов, кг.

К основным показателям работы пищеварочных котлов относятся: время разогрева котла до температуры кипения жидкой среды в варочном сосуде, к.п.д. в период разогрева котла и удельный расход тепла на разогрев и процесс собственно варки содержимого варочного сосуда, показатели надежности.

Коэффициент полезного действия (к.п.д.) пищеварочного котла η (в %):

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{зат}} \cdot 100, \quad (6.2)$$

где Q_1 – полезное тепло, Дж;

$Q_{зат}$ – количество тепла, затраченного на данный процесс, Дж.

Количество затраченного тепла зависит от тепловой мощности аппарата. В зависимости от используемого энергоносителя мощность аппарата q определяется по формуле, т.е. расход тепла в единицу времени (с) электротепловым аппаратом, совпадает с электрической мощностью:

$$q=P, \quad (6.3)$$

Затраченное котлом тепло $Q_{зат}$ определяется по выражению

$$Q_{зат} = q\tau, \quad (6.4)$$

где τ – продолжительность работы, с.

Полезное тепло Q_1 определяется для всего технологического процесса или только для периода разогрева:

$$Q_1 = c_{см}M_{см}(t_k - t_n^{cp}) + c_dW(t_k - t_n) + \Delta Wr, \quad (6.5)$$

где $c_{см}$ – средняя теплоемкость загруженных пищевых продуктов, Дж/(кг·К);

$M_{см}$ – общая масса загруженных в варочный сосуд пищевых продуктов, кг;

t_k – температура кипения жидкой среды, которая с достаточной для практических целей точностью может быть принята равной температуре кипения воды при атмосферном давлении;

Для котлов с герметически закрывающейся крышкой температура кипения жидкой среды должна приниматься по абсолютному давлению

$$P_{абс} \approx \frac{P_б}{735,6} + 0,025атм; \quad (P_б \approx 100000 + 2500 = 102500 Па);$$

$$P_{абс} = \frac{P_б \cdot 10^5}{735,6} + 2500;$$

t_n^{cp} – начальная средняя температура загружаемых продуктов, °С;

W – общее количество воды, бульона и другой жидкости, заливаемой в пищеварочный котел, кг;

$c_в$ – теплоемкость жидкости, Дж/(кг·К);

t_n – начальная температура жидкости, °С;

ΔW – количество испарившейся воды, кг;

r – теплота парообразования при температуре кипения, Дж/кг.

Общее количество загруженных в котел продуктов $M_{см}$:

$$M_{см} = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum_1^n M_i, \quad (6.6)$$

где M_i – количество i -го продукта, загружаемого в котел; определяется по нормам закладки продуктов для приготовления данного блюда в кг исходя из количества порций готовой продукции Π :

$$\Pi = \frac{K_{зан}(M_{max} - \Delta W)}{M_{\Pi}}, \quad (6.7)$$

где $K_{зан}$ – коэффициент заполнения варочного сосуда ($K_{зан}=0,8 - 0,9$);

M_{max} – максимальная масса жидкости, помещающейся в варочном сосуде, кг;

ΔW – масса испаряемой воды, кг;

M_{Π} – масса одной порции, кг.

Количество испарившейся воды ΔW в процессе варки:

$$\Delta W = M_{см} + W - (M_{з.пр} + W_1). \quad (6.8)$$

Для нестационарного режима (нагрева содержимого котла до кипения) значением ΔW можно пренебречь ввиду его малой величины.

Описание стенда

Экспериментальная установка (рис.8) для определения эксплуатационных и теплотехнических показателей работы пищеварочных котлов состоит из серийно выпускаемого пищеварочного котла, подключенного к источнику энергии и водопроводной сети, и контрольно-измерительных приборов, позволяющих определять: расход энергоносителя; количество и температуру помещаемых в варочный сосуд воды и пищевых продуктов; температуру наружных стенок, крышки котла и окружающего воздуха; барометрическое давление.

В установках могут быть использованы как стационарные, так и опрокидывающиеся котлы (предпочтительнее малой вместимости).

Для взвешивания воды и пищевых продуктов перед загрузкой их в котел, а также готовой продукции должны быть установлены весы **11**, взвешивающие с точностью до 0,1 кг.

Температура наружной поверхности котла измеряется с помощью четырех хромель-копелевых термопар, одна из которых (**6**) установлена в центре крышки, а три (**5**) – на его боковой поверхности.

На рис.8, **а** изображена развертка боковой поверхности котла, на которой точками отмечены места установки термопар. Все три термопары устанавливаются на одной из диагоналей развертки, причем одна в центре пересечения диагоналей, а две другие в середине отрезков; между центром пересечения и углами развертки.

Горячие спаи термопар припаяны оловом соответственно к наружным поверхностям стенки и крышки котла, холодные спаи находятся на расстоянии примерно 1,5 м от них и подсоединены к переключателю термопар 2.

При соответствующей установке рукоятки переключателя каждая термопара может быть включена в цепь потенциометра 3. Для измерения температуры холодного спая используется термометр 4 с ценой деления 1°С, а для измерения барометрического давления - барометр 12.

При проведении эксперимента время определяется с точностью до 1 с.

Способы подключения котла к источнику тепла и способы измерения количества энергоносителя для каждого стенда различные, поэтому они описываются отдельно.

Установка с электрическим пищеварочным котлом (рис.8, а).

Электрокотел включается в электрическую сеть пусковым полуавтоматом. Расход электроэнергии нагревательными элементами подсчитывается по показаниям амперметра и вольтметра, включенными в электрическую цепь, или электросчетчика.

Методика проведения эксперимента

Знакомятся с установкой, назначением и принципом действия контрольно-измерительных приборов и вычерчивают в тетради принципиальную схему экспериментального стенда.

Перед испытанием пищеварочный котел заполняют предварительно взвешенными водой и продуктами, у котла с косвенным обогревом открывают кран уровня и проверяют наличие воды в пароводяной рубашке. Установку с электрическим котлом включают в работу с разрешения преподавателя.

Испытание котла производится в два этапа – при нестационарном режиме (период разогрева) и при стационарном режиме (период собственно варки).

До начала эксперимента измеряется наружная поверхность стенок и крышки пищеварочного котла. Период нагрева котла продолжается до закипания жидкости в варочном сосуде, что определяется по термометру или появлению пара из-под крышки опрокидывающегося котла либо по началу вращения клапана-турбинки в неподвижном котле.

При нестационарном режиме работы котла определяются: продолжительность периода разогрева; температура стенок и крышки котла (измерения производятся каждые 600 с (10 мин)); расход энергоносителя за период разогрева котла; температура окружающего воздуха; барометрическое давление; начальная температура воды и загружаемых продуктов.

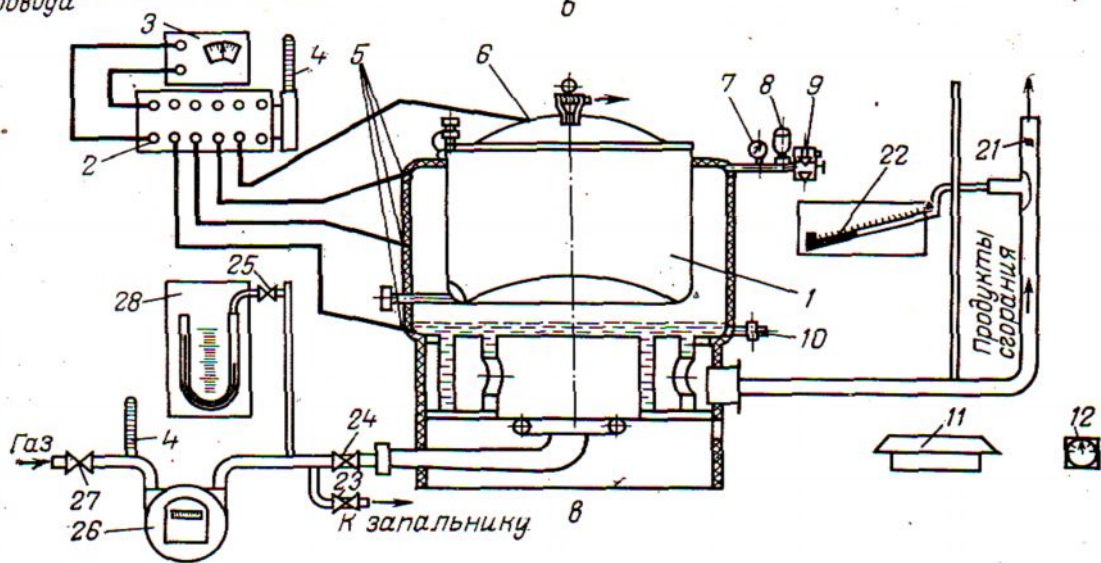
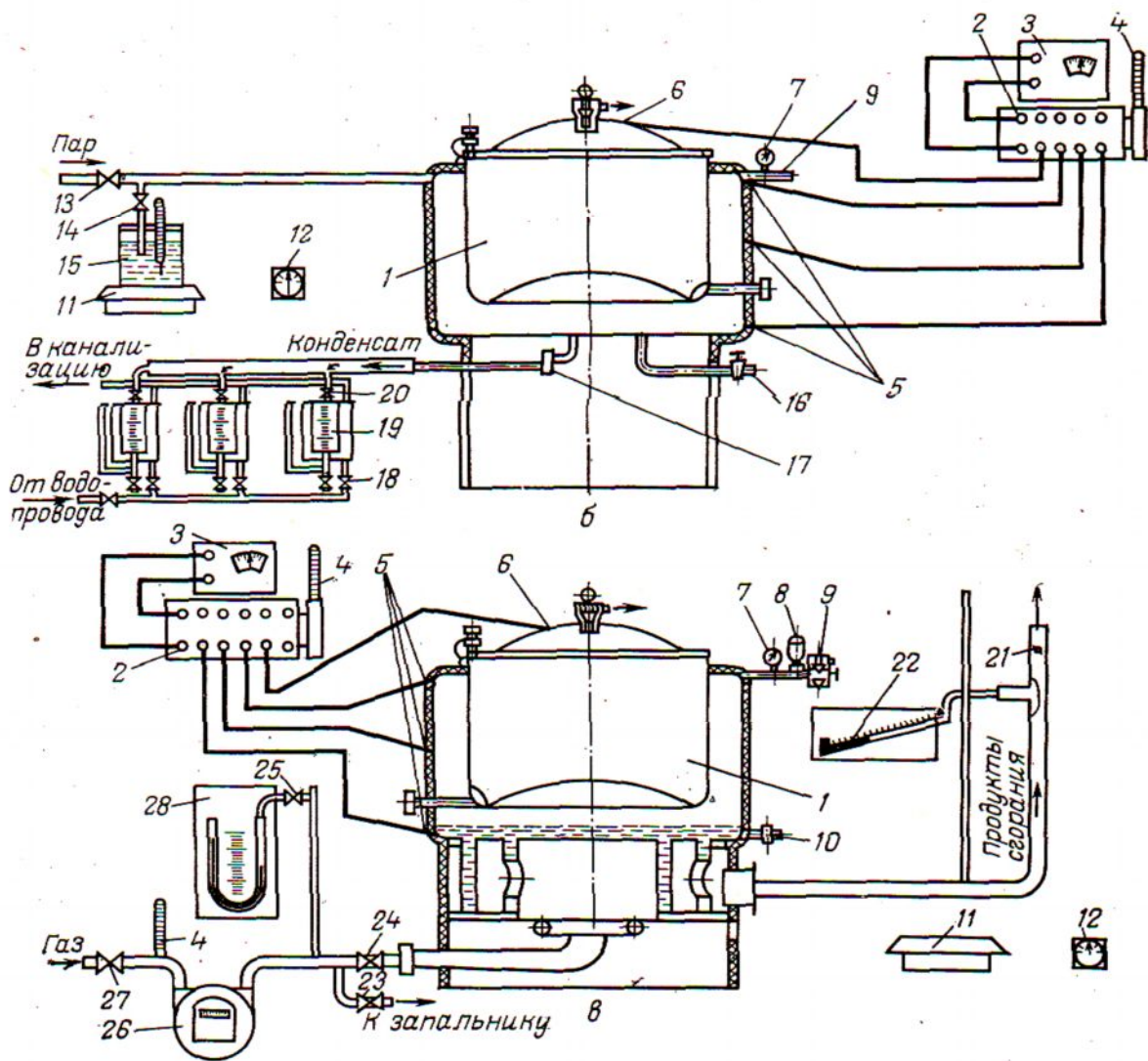
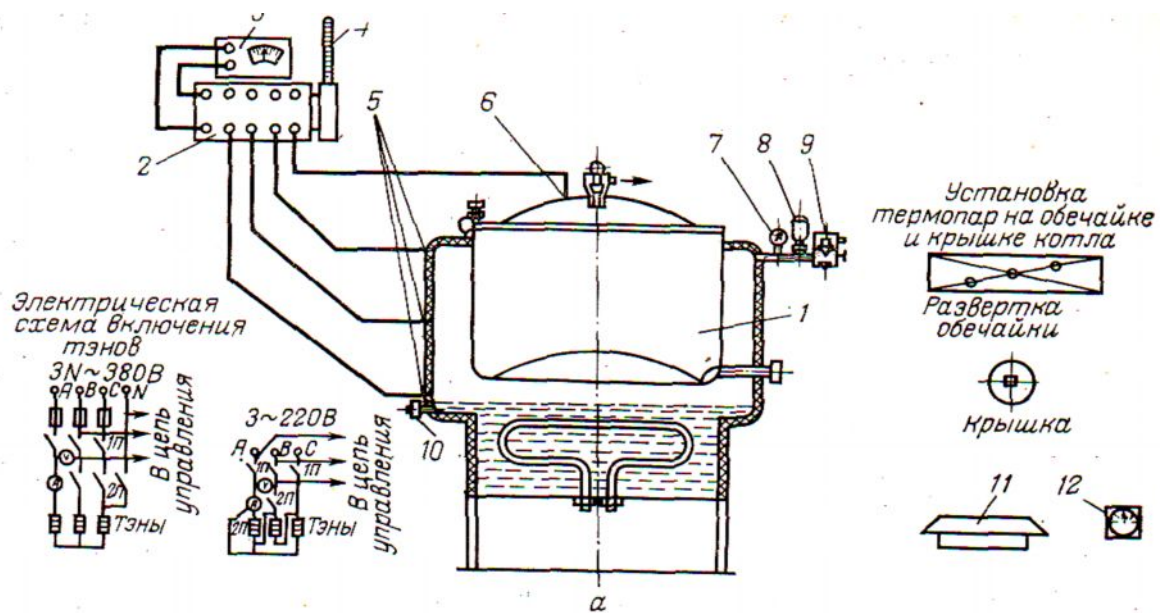


Рис. 8. Схемы экспериментальных стендов для испытания пищеварочных котлов: а – электрического; б – парового; в – газового: 1 – варочный сосуд; 2 – переключатель термомпар

При стационарном режиме работы определяется расход электроэнергии, и записываются показания всех контрольно-измерительных приборов вплоть до готовности содержимого котла, при испытаниях на воде кипение ее производят в течение 1800 с (0,5 ч).

По доведение содержимого котла до готовности его отключают от источника энергии. После охлаждения варочного сосуда его содержимое выгружают и взвешивают.

Варочный сосуд промывают и оставляют открытым для просушивания.

Обработка экспериментальных данных и составление отчета

Результаты экспериментов заносятся в табл. 7.

По результатам измерения температур (в период разогрева) строится график изменения средней температуры поверхности котла во времени. Для обработки опытных данных составляется табл. 8.

Полученные после обработки экспериментальные данные сравниваются с аналогичными показателями, предусмотренными ГОСТ 22907-78, ГОСТ 16997-77 для данного котла и анализируются, при этом выявляется влияние на основные показатели коэффициента заполнения варочного сосуда, количества воды в пароводяной рубашке котла и устанавливаются причины отклонения экспериментальных данных от предусмотренных ГОСТами.

Таблица 7

№ измерения	Время от начала эксперимента, τ , с	Показания термопар				Средняя температура на поверхности котла $t_{cm}^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, ^\circ C$	Температура окружающего воздуха, $t_{воз}, ^\circ C$	Котел электрический	
		$\frac{mv}{^\circ C}$	$\frac{mv}{^\circ C}$	$\frac{mv}{^\circ C}$	$\frac{mv}{^\circ C}$			Сила тока I , А	Напряжение U , В
1									
2									
3									

Таблица 8

Показатели и единицы измерения	Способ получения	Значение
Максимальная масса продуктов, загружаемых в котел M_{max} , кг	Паспортные данные или замер	
Масса фактически загружаемых продуктов $M_{см}$, кг	По формуле (6.6)	
Масса воды, заливаемой в котел W , кг	Взвешивание	
Коэффициент заполнения котла $K_{зан}$, %	$\frac{M_{см} + W}{M_{max}} \cdot 100$	

Средняя теплоемкость загружаемых продуктов c_{cm} , Дж/(кг·К)	$\frac{\sum_1^n c_i M_i t_{нш}}{M_{cm}}$	
Средняя начальная температура продуктов t_n^{cp} , °С	$\frac{\sum_1^n c_i M_i t_{нш}}{c_{cm} \cdot M_{cm}}$	
Полезное тепло в период разогрева котла Q_1 , Дж	По формуле (6.5)	
Общая поверхность ограждений котла $F_{общ}$, м ²	Измерение	
Коэффициент теплоотдачи от поверхности котла в окружающую среду α , Вт/(м ² ·К)	$9,7 + 0,07(t_{cm}^{cp} - t_{воз}^{cp})$	
Потери тепла в окружающую среду Q_5 , Дж	$\alpha F_{общ} (t_{cm}^{cp} - t_{воз}^{cp}) \tau_{раз}$	
Тепловая мощность q , Вт(Дж/с), Удельный расход тепла $q_{зат}$, Дж/кг	$q = P$ $\frac{q \tau}{M_{cm} + W}$	
Выход готового продукта $m_{г.пр}$, %	$\frac{M_{г}}{M_{cm} + W} \cdot 100$	
Расход электроэнергии за период разогрева котла A , Вт·с	$\sqrt{3} I_{cp} U_{cp} \tau_{раз}$	

Контрольные вопросы

1. Как изменится КПД пищеварочного котла, если при прочих равных условиях степень заполнения варочного сосуда уменьшится?
2. Почему наружные стенки тепловых аппаратов покрывают эмалями светлых тонов или выполняют из полированной нержавеющей стали?
3. Как влияет толщина тепловой изоляции на составляющие теплового баланса пищеварочного котла?
4. Каким образом влияет объем парогенератора на КПД пищеварочного котла?
5. Как изменится КПД пищеварочного котла при увеличении установочной мощности?
6. Выход готового продукта как определяется?
7. В период разогрева котла как определяется расход электроэнергии?

Лабораторная работа 7 Жарочные и пекарные шкафы

Цели работы:

1. Изучить конструкцию и правила эксплуатации жарочных и пекарных шкафов.
2. В результате балансовых испытаний определить технические характеристики одной из камер.

Общие сведения

Конструкции, правила эксплуатации и режимные параметры шкафов, работающих на различных источниках теплоты, изучаются по учебнику.

В данной работе проводятся балансовые испытания и термометрирование рабочего объема секции электрического жарочного шкафа ШЖЭСМ-2.

Данный шкаф относится к традиционным видам жарочных шкафов (в отличие от конвективных, парожарочных, ИК и т. д.). Он представляет собой рабочий объем в виде параллелепипеда с теплоизолированными стенками, в верхней и нижней части которого размещены нагревательные элементы (воздушные ТЭНы). Продукт размещается на двух противнях и обогревается за счет свободной конвекции от нагретого воздуха, кондуктивно от противня и в большей степени за счет инфракрасного излучения от стенок камеры и нагревательных элементов.

Качество тепловой обработки определяется соответствием температуры в камере температуре, требуемой технологическим режимом и степенью равномерности температурного поля внутри камеры, так как изотермичность обуславливает идентичность условий обработки различных порций или частей продукта, загружаемых одновременно в камеру.

К основным техническим характеристикам жарочных и пекарных шкафов относятся: вместимость рабочей камеры V (дм³); мощность P (кВт), максимальная температура разогрева t_{max} (°С) и время разогрева до этой температуры τ (мин).

Для электрических камер важными являются также следующие показатели: удельная объемная мощность W (Вт/м³), удельный расход электрической энергии на 1 кг продукта $q_{затр}$ (кВт·ч/кг), а также соотношение мощностей на различных ступенях нагрева.

Описание стенда

Принципиальная схема экспериментального стенда по испытанию секции жарочного шкафа ШЖЭСМ-2 представлена на рис.9, а, б.

Основой стенда является секция шкафа, в рабочей камере которой на проволочном каркасе размещены на трех уровнях горячие спаи термопар, по пять спаев термопар в каждом (рис.9, б). Термопары подключены к самопишущему потенциометру. Часть термопар размещена на наружной стенке секции.

Верхняя и нижняя группы ТЭНов, отдельно через пакетные переключатели и комплект электроприборов типа К-50, включаются в электрическую сеть переменного тока с напряжением 220 В.

Электрическая схема секции жарочного шкафа ШЖЭСМ-2 представлена на рис.10.

Две группы ТЭНов, по четыре в каждой, включены в сеть через пакетные переключатели $S1$ и $S2$. Переключатели четырехпозиционные, на схеме каждое положение контактов отмечено соответственно цифрами 0, 1, 2, 3.

В положении 0 все ТЭНы отключены.

В положении 1 пакетный переключатель обеспечивает последовательно-параллельную схему включения ТЭНов. При этом две группы ТЭНов, которые состоят из двух ТЭНов, включенных параллельно, соединены последовательно, что обеспечивает $1/4$ общей мощности.

В положении 2 включаются только два ТЭНа. При этом они между собой соединены параллельно. Это обеспечивает включение $1/2$ общей мощности.

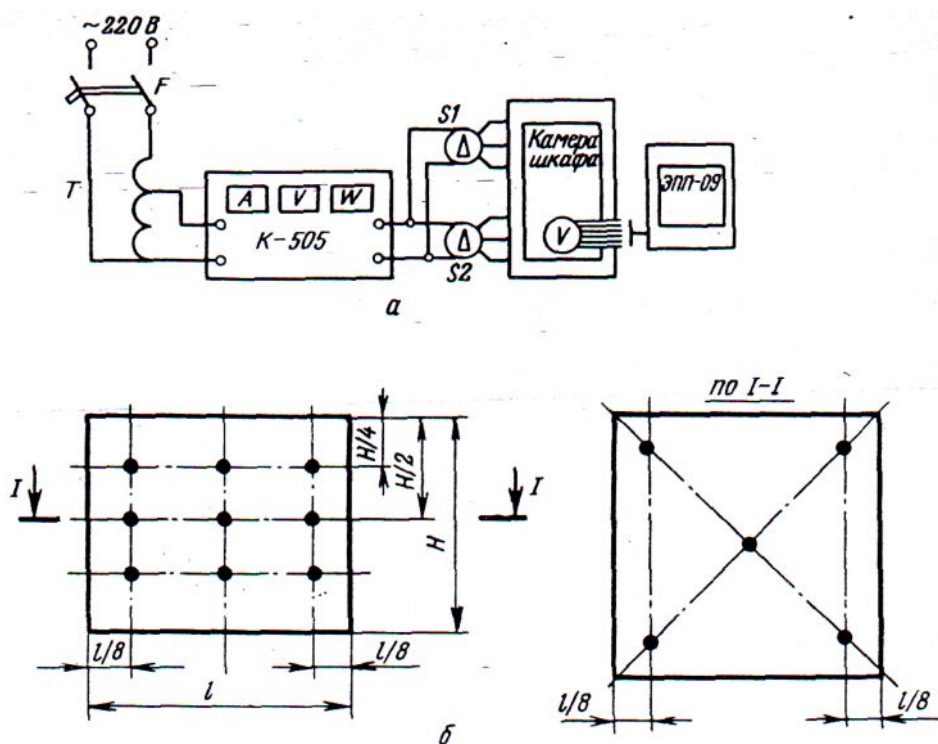


Рис. 9. Принципиальная схема стенда по испытанию секции жарочного шкафа:

а- экспериментальный стенд; *б*- схема размещения горячих спаев термопар

В положении 3 все ТЭНы включены параллельно и обеспечивают максимальную мощность.

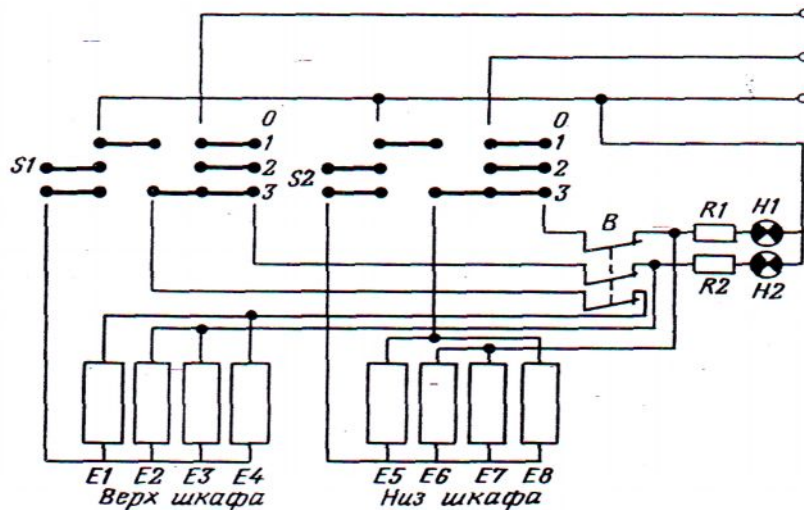


Рис.10. Электрическая схема секции жарочного шкафа

Кроме пакетного переключателя, осуществляющего ступенчатое регулирование мощности, схема включает терморегулятор прямого действия типа ТР-4К. Его контакты включены последовательно с ТЭНами при любой схеме их соединения. Этот терморегулятор имеет, предел регулирования от 100 до 350 °С. Он срабатывает, от термодатчика манометрического типа. Прибор имеет три пары контактов в общей разрывной мощностью 4,5 кВт.

В период разогрева к шкафу подводится максимальная мощность, что позволяет сократить этот период и уменьшить энергозатраты. При обработке продукта в стационарный период в зависимости от требований технологического режима устанавливается необходимая степень мощности и верхний предел температуры по лимбу терморегулятора.

Изучение конструкции шкафа производится при его непосредственном осмотре. При этом необходимо измерить размеры секции и рабочей камеры.

Методика проведения эксперимента

Максимальная мощность жарочных и пекарных шкафов определяется для периода разогрева. В этот период рабочая камера продуктом не загружается. Уравнение теплового баланса в этом случае имеет вид

$$Q_{затр} = Q_5 + Q_6, \quad (7.1)$$

где $Q_{затр} = P$ – суммарная мощность всех ТЭНов (как верхней, так и нижней групп), кВт;

$$P = \sum P_i, \quad (7.2)$$

P_i – мощность каждой из фаз;

Q_5 – мощность, компенсирующая потери теплоты ограждениями жарочной камеры в окружающую среду, кВт;

$$Q_5 = 0,001\alpha F_{cm} \cdot (t_{cm}^{cp} - t_{возд}), \quad (7.3)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

$$\alpha = 9,7 + 0,07(t_{cm}^{cp} - t_{возд}), \quad (7.4)$$

F_{cm} – площадь наружных стенок жарочной камеры, м² (находится путем замеров габаритов);

t_{cm}^{cp} – средняя по поверхности и за время разогрева температура наружных стенок, °С;

$$t_{cm}^{cp} = \frac{\sum F_i t'_{cm_i}}{\sum F_i}, \quad (7.5)$$

где F_i – площадь i -го элемента наружных ограждений камеры, м²;

t'_{cm_i} – соответствующая температура i -го элемента поверхности при времени, равном $\tau_p/2$ (берется с ленты самописца), °С;

Q_6 – мощность, пошедшая на разогрев жарочной камеры, кВт;

$$Q_6 = \frac{\sum M_i c_i \Delta t_i}{\tau_p}, \quad (7.6)$$

где M_i – масса i -го элемента конструкции жарочной камеры, кг;

c_i – теплоемкость материала i -го элемента конструкции жарочной камеры, кДж/(кг·К);

$\Delta t_i = t_{ki} - t_{ni}$ – температурный перепад при нагреве i -го элемента конструкции жарочной камеры, °С;

t_{ni} и t_{ki} – соответственно начальная и конечная температуры i -го элемента конструкции жарочной камеры, °С;

τ_p – время разогрева жарочной камеры, с.

За время разогрева принимается время, за которое температура воздуха в рабочей камере меняется от 20 до 300°С при начальной температуре конструкции, равной 20 °С.

Время разогрева определяется по ленте самопишущего потенциометра КСП-4 по расстоянию 1 (мм) в интервале температуры от 20 до 300 °С с учетом скорости движения ленты v (мм/мин):

$$\tau_p = \frac{1}{v}, \quad (7.7)$$

Если начальная температура превышает 20°С, следует применить метод графической интерполяции.

Средняя температура воздуха в жарочной камере определяется как среднеарифметическое показаний термопар

$$t_{кам}^{cp} = \frac{\sum t'_{кам_i}}{n}, \quad (7.8)$$

где $t'_{кам_i}$ – показание j -го спая термопар, расположенных в камере, °С;

n – количество спаев, расположенных в камере.

Максимальный перекоc температурного поля в камере, характеризующий неравномерность:

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_{\min} \quad (7.9)$$

Для стационарного периода работы камеры уравнение теплового баланса:

$$Q_{затр} = Q_1 + Q_5,$$

где $Q_{затр} = P_{общ}$ – мощность нагревательных элементов, кВт;

$$P_{общ} = P_A + P_B + P_C \quad (7.10)$$

Сумма мощностей по трем фазам измеряется комплектом измерительных приборов К-50 и зависит от положения пакетного переключателя.

Среднеэффективная мощность на стационарном режиме

$$Q_{затр}^{эф} = P_{общ} \cdot \tau_{ПВ},$$

где $\tau_{ПВ}$ —период включения терморегулятора, с;

$$\tau_{ПВ} = \frac{\tau_{раб}}{\tau_{откл}}, \quad \tau_{раб} - \text{время работы ТЭНов в цикле, с;}$$

$\tau_{откл}$ – время отключения ТЭНов в цикле, с.

Q_1 - полезная тепловая нагрузка, кВт;

$$Q_1 = M_{H_2O} c_{H_2O} (t_k - t_n) / \tau \quad (7.11)$$

где M_{H_2O} – масса воды, загружаемая в рабочую камеру и имитирующая продукт, кг;

c_{H_2O} – теплоемкость воды [$c = 4,19$ кДж/ (кг·К)];

t_k, t_n – соответственно конечная и начальная температуры нагреваемой воды, °С.

Q_5 - потеря теплоты в окружающую среду, кВт, определяется по формулам (7.3, 7.4, 7.5), в которых значение t_{cm} берется для стационарного режима.

Удельная объемная мощность жарочной камеры вычисляется по формуле

$$W = \frac{Q_{затр}}{V}, \quad (7.12)$$

где V — объем рабочей камеры, м³:

$Q_{затр}$ - максимальная мощность камеры, Вт.

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{затр}}. \quad (7.13)$$

Удельный расход энергии на нагрев воды в стационарном режиме определяют по уравнению

$$q_{затр} = Q_{затр} \tau_{обр} / M_{H_2O}, \quad (7.14)$$

где $\tau_{обр}$ – время нагрева воды, с.

При проведении работы соблюдают следующую последовательность измерений:

- ознакомиться с конструкцией секции жарочного шкафа ШЖЭСМ-2, смонтированной на экспериментальном стенде. Измерить размеры шкафа и размеры рабочей камеры;

- убедиться в правильности сборки стенда в соответствии с рис.9, 10;

- проверить наличие и надежность защитного заземления;

- измерить температуру воздуха в помещении. Включить усилитель самопишущего потенциометра;

- установить ручки пакетных переключателей в положение 3, обеспечивающее максимальную мощность, и установить на лимбе терморегулятора ТР-4К максимальный уровень температуры $300\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- подключить секцию шкафа ШЖЭСМ-2 к электрической сети и включить лентопротяжный механизм самопишущего потенциометра. Снять показания комплекта электроизмерительных приборов К-50 по всем трем фазам;

- отметить первое срабатывание терморегулятора на ленте самописца.

- установить на лимбе терморегулятора температуру $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. После его первого срабатывания на этом уровне зафиксировать на ленте самописца стационарный режим работы;

- определить период включения и отключения терморегулятора при температуре $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ без нагрузки, изменив пакетными переключателями ступени мощности 1; $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$;

- загрузить в рабочую камеру противень с водой, последовательно менять массу от 2 до 6 кг;

- вычислить перекося температур в камере как функцию нагрузки $\Delta t = f(m_{H_2O})$; построить график (см. формулы 7.8, 7.9);

- определить период включения $\tau_{ПВ}$ терморегулятора ТР-4К при работе камеры без нагрузки как функцию ступени мощности.

Вычислить время разогрева, пользуясь зависимостью $t_i = f(\tau)$, зарегистрированной на ленте по формуле (7.7);

Построить график $\tau_{ПВ} = f\left(\frac{P_{\max}}{P_{\min}}\right)$. Период включения $\tau_{ПВ}$ есть отно-

шение времени работы к времени отключения при поддержании заданной температуры;

- вычислить составляющие уравнения теплового баланса в режиме разогрева по формулам (7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6);

- рассчитать составляющие уравнения теплового баланса для стационарного режима работы, используя соотношения (7.10, 7.11, 7.4, 7.5);

- определить удельную объемную мощность W по формуле (7.12), КПД по формуле (7.13) и удельный расход энергии по формуле (7.14).

Удельный расход энергии определить для каждого случая загрузки камеры. Построить график зависимости $\eta = f(m_{H_2O})$.

Обработка экспериментальных данных и составление отчета

Сравнить полученные характеристики с паспортными данными секции шкафа ШЖЭСМ-2. Данные замеров и расчетов записать в журнал наблюдения: для режима разогрева — в табл.9, для стационарного режима - в табл.10. К таблицам прилагается лента самописца с регистрацией зависимости $\tau = f(t_i)$ либо копия с этой ленты.

Таблица 9

п/ п	Степень мощ- ность	Время разо- грева, С	Мощ- ность тэнов, кВт $P=P_A+$ P_B+P_C	Началь- ная темпе- ратура возду- ха t_n , °С	Темпе- ратура возду- ха $t_{в}$, °С	Конечная температура $T_{cp}^k = \frac{\sum t_i}{n}$, °С	Максималь- ный переко- с температур Δt_{max} , °С	Удель- ная мощ- ность W , Вт/м ³

Контрольные вопросы

1. Как влияет степень загрузки жарочной камеры на КПД?
2. Какие требования предъявляются к температурному полю в камере жарочного шкафа?
3. Каким способом передается теплота к обрабатываемому продукту, размещенному в жарочном шкафу?

Лабораторная работа 8

Изучение устройство заверточного автомата ЕУ-5 и исследование его исполнительных механизмов

Цели работы:

1. Изучить технологическую схему закрутки конфет «вперекрутку».
2. Вычертить эскиз заданного исполнительного механизма и рабочего органа.
3. Составит кинематическую схему заданного исполнительного механизма и рабочего органа.
4. Составить синхrogramму машины.
5. Исследовать законы движения исполнительных механизмов с помощью коэффициентов K_g, K_a, K_{Ng} .
6. Исследовать возможность уплотнения кинематического цикла машины.

Общие сведения о заверточных автоматах

В настоящее время упаковка продовольственных товаров стала завершающей операцией в их производстве. Назначение упаковки - улучшить условия хранения, санитарное состояние в товарный вид изделий. Оборудование для упаковки кондитерских изделий можно разделить на следующие 4 группы:

1. машины для закрутки штучных изделий (карамель, конфет, пастилы, зефира, печенья) автоматы ЕУ-3, ЕА, «Рапидо ХСФ», ЕС-1, МЛСН-63, ЗКЦА, ЕУ-5, ЕФ, АЗС-1, ШАП, К-467, У-5, АКМА739;
2. машины для закрутки пластических кондитерских изделий (ириса, карамели) – ИЗМ-1, ИЗМ-2;
3. машины для фасовки драже, мелкой леденцовой карамели в пакеты и мешочки – ДА-2РС, БТХ-II
4. машины для укладки конфет, мармеладно - пастильных изделий, конфет «Ассорти» в коробки – А2-ШАВ, А2-ШУА, А2-ШАЗ, агрегаты фирмы «ЛЕШ», «Аутотрансферт – 275».

Существуют разные виды закрутки, отличающиеся заверточным материалом, способом закрепления и формой, которую принимает заверточный материал на изделии (закрутка «вперекрутку», «в саше», «в носок», «в конверт» и др.).

Принципиальные решения механизмов заверточных автоматов и их компоновка зависят от вида упаковки.

Современные завертывающие машины состоят из следующих основных узлов: питателя для изделий; узла подачи изделий к обертывающему узлу (узлу обертки упаковочным материалом в трубочку или нескольких сторон); одного или нескольких питателей для упаковочного материала; транспортирующих механизмов; узла окончательной отделки завернутого изделия; узла удаления завернутого изделия из машины; узла блокировки и контроля, привода.

Описание экспериментальной установки

Работа выполняется на лабораторном стенде, включающем заверточный автомат типа ЕУ. Автомат предназначен для закрутки «вперекрутку» мягких конфет и состоит из следующих основных узлов: питателя, механизма разматывания и резки обертки, механизма закрутки, станины с приводом, пульта управления. Заверточный автомат подключен к сети через магнитный пускатель, вручную распределительно-управляющий вал (РУВ) приводится в движение штурвалом.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, кинематическую схему машины и провести ее структурной анализ.

2. Вычертить эскиз заданного узла. Эскиз выполняют в глазомерном масштабе. Допускается прикладывать эскиз в аксонометрии. На эскизе должны быть указаны основные размеры, необходимые для приближенного определения объема и массы движущихся деталей.

3. Составить по полученному эскизу кинематическую схему узла. Необходимо учитывать требования следующих стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД):

2.701-68 – Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

2.703-68 – Правила выполнения кинематических схем.

2.770-68- Обозначения условные графические в схемах.

4. Построить синхрограмму автомата. Для построения синхрограммы необходимы графики перемещения всех рабочих органов, а также операционного барабана. Каждая рабочая группа экспериментально при помощи измерений должна получить исходные данные для построения графика, соответствующие закону движения заданного рабочего органа.

При составлении синхрограммы машины рабочие группы обмениваются результатами измерений.

Измерение перемещений операционного барабана выполняют все рабочие группы совместно.

Измерения проводить в следующем порядке:

а) при помощи штурвала распределительно-управляющий вал (РУВ) устанавливают в положение, соответствующее началу рабочего цикла машины (момент остановки операционного барабана);

б) выбирают и отмечают точки на рабочем органе и базе машины, по которым удобно проводить измерения линейных перемещений, при этом следует иметь в виду, что от рационального выбора базы для проведения измерений зависит знак перемещений рабочих органов; при построении синхрограммы движение рабочего органа, выполнение технологической операции (рабочий ход) должно быть положительным;

в) РУВ машины поворачивают на 10^0 и направлении, соответствующем его движению при работе машины, угол поворота устанавливают по диску с угловыми делениями, расположенному на выходном конце РУВ, если при

этом ошибочно установлен угол, больший, чем 10^0 , то необходимо повернуть вал на полный оборот, движение в обратную сторону недопустимо;

г) металлической линейкой измеряют линейное перемещение рабочего органа относительно неподвижной базы, результаты измерений вносят в протокол – таблицу 11;

д) РУВ поворачивают на 10^0 и производят следующее измерение, если изучаемый механизм по условиям работы имеет большой высотой, а движение рабочего органа происходит при повороте РУВ на относительно небольшой угол, то измерения проводят после поворота РУВ на 5^0 , для каждого перемещения (рабочего и холостого) должно быть не менее 6 точек;

е) после возвращения РУВ в исходное положение всю серию измерений повторяют, общее число опытов - не менее пяти;

ж) все результаты измерений сводят в протокол (таблицу 11).

Таблица 11

Результаты измерения перемещений рабочих органов автомата ЕУ-5

φ^0	У _{ро} , мм							У _{об} , мм						
	1	2	3	4	5	ср	δ	1	2	3	4	5	ср	δ
Р														
УБ														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Правила заполнения таблицы следующие:

- в графу 1 вносят значения аргумента – угла поворота РУВ;
- в графы 2-6 вносят результаты измерений по отдельным сериям опытов;
- в графе 7 вычисляют среднее арифметическое значение отдельных серий.
- в графе 8 среднее квадратическое отклонение – служит для оценки точности результата;
- в графы 9-15 вносят результаты измерений перемещения операционного барабана;

з) рабочие группы обмениваются средними результатами измерений, по результатам которых составляют таблицу исходных данных для построения синхрограммы (табл. 12); затем по результатам опытов строят совмещенную синхрограмму машины, при этом исходное положение принимают за нуль отсчета, в движение в сторону рабочего хода считают положительным.

Таблица 12

Исходные данные для построения синхрограммы

φ^0	У _{ро1} мм	У _{ро2} мм	У _{ро3} мм	У _{ро4} мм	У _{ро5} мм	У _{ро6} мм	У _{об} мм
1	2	3	4	5	6	7	8

5. Изучив синхрограмму и рабочий процесс машины, построить циклограмму. Предпочтительно строить прямоугольную циклограмму. При по-

строении совмещенной циклограмму за основной принимают заданный механизм, и начало циклограммы совмещают с началом рабочего хода основного механизма.

6. Для исследования законов движения полученный экспериментально каждой рабочей график $S = f(\varphi)$ вычерчивают на листе формата не менее 22 по ГОСТ 2. 301-68. График перемещения рабочего органа в случае необходимости надо перестроить таким образом, чтобы начало координат совпадало с началом рабочего хода (т.е. весь график находился выше оси абсцисс).

7. Далее работу выполнить в следующем порядке:

а) по производительности с учетом конструкции машины определить время кинематического цикла, соответствующее одному обороту РУВ, и определить масштаб времени по оси абсцисс при законе движения $S = f(t)$;

б) графическим дифференцированием построить графики скорости и ускорения;

в) определить для рабочего и холостого ходов максимальные значения скорости и ускорения; вычислить Kv_{max} и Ka_{max} ;

г) определить коэффициенты K_{Ngmax} для рабочего и холостого перемещений, для этого выбирают несколько (5-7) текущих значений аргумента, для них вычисляют Kv , Ka , K_{Ng} , из которых выбирают K_{Ngmax} ;

д) из типовых законов с помощью преподавателя выбрать закон, обладающий, как минимум, двумя лучшими характеристиками по сравнению с опытными;

8. При исследовании возможности уплотнения необходимо ответить на следующий основной вопрос: нельзя ли, не изменяя законов движения рабочих органов, начать движение некоторых из них несколько ранее, чем в рассматриваемой машине, тем самым уменьшить время кинематического цикла и увеличить производительность.

Эту задачу решают в следующей последовательности:

- Изучают кинематические схемы отдельных узлов и выявляют рабочие органы, траектории которых пересекаются;
- Формулируют частные вопросы для каждой из возможных пар рабочих органов;
- Вычерчивают эскизы рабочих органов и обрабатываемого изделия (конфеты), наносят на эскиз траектории движения рабочих органов, отмечают на траекториях «точки встречи»;
- «точки встречи» переносят на полученную ранее синхрограмму;
- С учетом запаса во времени совмещают графики движения рабочих органов;
- Вычисляют время кинематического цикла и оценивают возможное увеличение производительности.

Контрольные вопросы

1. Чем объясняется разнообразие конструкций заверточных автоматов? Назовите их структурные составляющие.
2. Назовите марки отечественных и зарубежных заверточных автоматов, используемых на кондитерских фабриках, их принципиальные отличия, достоинства и недостатки.
3. Какие общие узлы имеют упаковочные автоматы?
4. Как строят синхрограмму машины?
5. Назовите исполнительные механизмы и рабочие органы автомата ЕУ-5.
6. Что такое кинематический цикл машины? Пути повышения производительности заверточных автоматов.
7. Каким образом можно решить задачу уплотнения кинематического цикла автомата ЕУ-5?

Литература

1. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. /Под ред. А.Я.Соколова. – М.: Машиностроение, 1969.
2. Маршалкин Г.А. Технологическое оборудование кондитерских фабрик. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 448 с.
3. Шувалов В.Н. Машины – автоматы и поточные линии пищевой промышленности. – Л.: Машиностроение, 1966.
4. Современное оборудование для упаковки пищевых продуктов / Под ред. Ю.В.Бурляя, А.А.Сухого. – М.: Пищевая промышленность, 1978.
5. Карпов Ю.К., Кацнельсон М.У. Машины и автоматы для заворачивания кондитерских изделий. – М.: Машиностроение, 1969.
6. Ботов М.И. Лабораторные работы по оборудованию предприятий общественного питания. – М.: Экономика, 1991. – 192 с.
7. Буканов И.Г., Елхина В.Д., Литвина Л.С. Лабораторные работы по оборудованию предприятий общественного питания. – М.: Экономика, 1985. – 208 с.
8. Лукьянов В.В. Технология и оборудования для производства макаронных изделий. – М.: Пищепромиздат, 1969.
9. Назаров Н.И. Технология производства макаронных изделий. – М.: Пищевая промышленность, 1978.
10. Калошина Ю.А. Практикум по расчетам оборудования хлебопекарного и макаронного производства. – М.: Агропромиздат, 1991. – 158 с.
11. Хромеев В.М. Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Асадема, ИРПО, 2000. – 320 с.