

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ФГБОУ ВПО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

---

**КАФЕДРА МАШИН И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

---

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ФАСОВКИ И УПАКОВКИ ПРОДУКЦИИ**

**Программа, методические указания  
и задания к контрольным работам**

**Для студентов, обучающихся по направлению  
151000 – «Технологические машины и оборудование»,  
профиля 151000.62 «Машины и аппараты пищевых  
производств» заочной формы обучения**

**ВОРОНЕЖ  
2014**

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технологическое оборудование для фасовки и упаковки продукции» является одной из профессиональных дисциплин направления подготовки бакалавров по направлению 151000 - «Технологические машины и оборудование» профиля 151000.62 «Машины и аппараты пищевых производств» Федерального государственного образовательного стандарта.

### *Целью изучения дисциплины является:*

- подготовка студентов к производственно-технической, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в области машин и аппаратов пищевой промышленности, научить студентов сочетать фундаментальную подготовку по общетехническим и инженерным дисциплинам с конкретными знаниями в области технологического оборудования отраслей промышленности, повышением эффективности работы технологического оборудования и освоения прогрессивных методов его эксплуатации.

### *Задачи дисциплины:*

- изучение конструкции и принципа действия технологического оборудования для фасовки и упаковки продукции пищевой промышленности;

- изучение классификационных принципов и принципиальных схем основных типов технологического оборудования производственных линий с учетом современных отечественных и зарубежных технологических и технических разработок;

- освоение методов расчета основных параметров оборудования;

- изучение оптимальных и рациональных технологических режимов оборудования, особенностей эксплуатации технологического оборудования, допустимых нагрузок, техники безопасности и требований охраны окружающей среды;

- овладение прогрессивными методами эксплуатации технологического оборудования.

- изучение перспективных направлений технических решений задач развития и совершенствования основного технологического оборудования предприятий пищевой промышленности;

В результате изучения дисциплины «Технологическое оборудование для фасовки и упаковки продукции» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего

и профессионального образования подготовки бакалавров по направлению 151000-«Технологические машины и оборудование» профиля 151000.62 «Машины и аппараты пищевых производств» студенты должны **знать**:

- конструкцию и принцип действия технологического оборудования отрасли, технические характеристики и экономические показатели;

- оптимальные и рациональные технологические режимы работы оборудования отрасли и его функциональное назначение;

- алгоритмы и методы расчетов и проектирования машин и аппаратов пищевой промышленности;

- методы оценки эффективности работы технологического оборудования, исследования технологических процессов, проектирования и проведения расчетов;

- прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования для фасовки и упаковки продукции, основные направления развития и совершенствования оборудования отраслей пищевой промышленности;

**уметь**:

- решать вопросы эффективной эксплуатации, управления и ремонта технологического оборудования для фасовки и упаковки продукции предприятий пищевой промышленности;

- выбирать современное экономически выгодное оборудование, отвечающее особенностям производства;

- выполнять основные инженерные расчеты, конструировать, проектировать и составлять техническую документацию оборудования соответствующей отрасли промышленности;

- предлагать инженерные решения по созданию технологий на основе интенсификации производственных процессов и новых физических методов обработки пищевого сырья;

**владеть**:

- методами оценки технического состояния технологического оборудования;

- методами контроля технологических режимов работы оборудования отрасли;

- контролем эффективности работы оборудования;

- методами безопасной эксплуатации оборудования отрасли.

Задачи контрольных работ охватывают основные разделы курса и способствуют усвоению студентами теоретического материала.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Изучение курса предусматривает выполнение одной контрольной работе с текстом, формулами, рисунками и таблицами.

Контрольная работа с формулами и расчетами выполняются в отдельной тетради. Контрольная работа должна быть выполнена аккуратно, разборчиво написана четким почерком, ручкой одного цвета, без редактирования, с необходимыми пояснениями формул и соответствующими расшифровками величин. Ответы в контрольной работе должны быть полными, конкретными.

Разрешается приводить ксерокопии поясняющих схем. Текстовая часть контрольной работы может быть выполнена в рукописном или печатном вариантах (работа оформляется по требованиям ЕСКД на листах формата А-4 с титульным листом). На титульном листе обязательно указываются автор, номер работы и шифр зачетной книжки студента.

Контрольная работа оформляется самостоятельно, грамотно, иллюстрируется таблицами, графиками, схемами, чертежами, которые должны быть выполнены четко, вручную или в графических редакторах. При копировании иллюстраций из учебников, графики, схемы и чертежи должны легко читаться и быть разборчивыми.

Каждая контрольная работа состоит из одного контрольного вопроса теоретической части и одной контрольной задачи, которые выполняются по варианту, соответствующему цифрам учебного шифра студента.

**Студент выбирает для решения задачи контрольной работы вариант, соответствующий последней цифре шифра зачетной книжки; а задание на теоретический контрольный вопрос – на основе предпоследней цифры шифра зачетной книжки. Работа, выполненная не по своему варианту, не зачитывается.**

Без указания шифра работа не рецензируется. Ответы на контрольные вопросы должны быть изложены по возможности кратко. Решение контрольной задачи должно иллюстрироваться схемами,

сопровождаться расшифровкой и указанием единиц измерения каждой величины и ссылками на литературные источники. Результаты расчета представляются в величинах и единицах измерения СИ.

В конце работы представляется библиографический список с точным указанием выходных данных печатного издания, адресом электронного ресурса. Студент обязательно подписывает контрольную работу и ставит дату выполнения. Для замечаний рецензента должны быть предусмотрены поля.

Студент должен ориентироваться в изложенном материале и ответить на все вопросы преподавателя по теме контрольных работ, должен уметь решить и пояснить любую из задач.

Для допуска к зачету по курсу студентам необходимо представить преподавателю зачтенную контрольную работу и оформленные отчеты по лабораторным работам.

В результате изучения дисциплины «Технологическое оборудование биотехнологических процессов» студент должен знать технологию пищевых производств и перспективы технического развития предприятий, системы и методы проектирования технологических процессов и режимов работы технологического оборудования пищевых производств, устройство и принцип действия оборудования предприятий пищевых производств, технические характеристики его и экономические показатели, методы оценки технического уровня пищевой техники и машинных технологий, технические требования, предъявляемые к сырью, материалам, готовой продукции, топливу, энергии и нормативы их расхода, методы исследований, проектирования и проведения экспериментальных работ.

## ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

### ЗАДАНИЕ № 1. РАСЧЕТ РАЗЛИВОЧНОГО АВТОМАТА

**Задача:** выполнить расчет разливочного автомата, если заданы:  $z$  - количество наполнительных устройств, шт.;  $n$  - частота вращения карусели,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $f_{\text{отв}}$  - площадь выходного отверстия наполнителя,  $\text{м}^2$ ;  $H$  - высота столба жидкости в дозировочном стакане, м;  $z_1$  - число подъемных столиков, одновременно перемещающихся по горизонтальному участку копира, шт.;  $G_1$  - усилие сжатой пружины,

$H$ ;  $G_2$  - сила тяжести штока, столика с подшипником, роликом и порожней бутылки,  $H$ ;  $G_3$  - сила тяжести штока, подшипника, ролика и бутылкой, наполненной жидкостью,  $H$ ;  $G_4$  - сила тяжести главного вала с прикрепленными к нему деталями,  $H$ ;  $D$  - диаметр шарико-подшипника,  $m$ ;  $d$  - диаметр окружности по центрам шариков подшипника,  $m$ .

**Цель работы:** изучение теоретических основ процесса дозирования пищевых жидкостей; знакомство с классификацией разливочных автоматов, их конструкциями и принципом работы; выполнение расчета разливочного автомата.

### Рекомендации для выполнения расчетной части Методика расчета

Теоретическая производительность разливочного автомата,  $\Pi_T$ , бут/с,

$$\Pi_T = zn = z\omega / 2\pi, \quad (1)$$

где  $z$  - количество наполнительных приборов (разливочных устройств);  $n$  - частота вращения карусели,  $s^{-1}$ ;  $\omega$  - угловая скорость карусели, рад/с.

Длительность одного оборота карусели,  $s$ ;

$$T = 1/n = z / \Pi_T, \quad (2)$$

Расчетная производительность  $\Pi_p$ , бут/с,

$$\Pi_p = z_n / \tau_n, \quad (3)$$

где  $z_n$  - количество приборов (подъемных столиков), одновременно работающих на наполнение бутылок;  $\tau_n$  - время наполнения бутылки жидкостью, с.

$$z_n = \psi \cdot z, \quad (4)$$

где  $\psi = z_n/z$  - коэффициент использования рабочих позиций разливочных устройств, равный отношению количества приборов, одновременно работающих на наполнение, к общему количеству приборов на карусели ( $\psi = 0,3...0,6$ ).

Время наполнения бутылки жидкостью  $\tau_n$ , с,

$$\tau_n = \frac{2Q}{\mu f_{отв} \sqrt{2gH}}, \quad (5)$$

где  $Q$  - объем жидкости в стакане дозатора, м<sup>3</sup> ( $Q = 5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>);  $\mu$  - коэффициент расхода, характеризующий сопротивление сливного тракта и физические свойства разливаемой жидкости ( $\mu = 0,4 \dots 0,7$ );  $f_{отв}$  - площадь выходного отверстия наполнителя, м<sup>2</sup>;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> - ускорение свободного падения;  $H$  - высота столба жидкости в дозирочном стакане, м.

Время  $\tau_n$  является важнейшим параметром разливочных машин и зависит от метода розлива и принципа дозирования жидкости. Производительность разливочной машины является функцией времени наполнения бутылки жидкостью, равного времени опорожнения мерного стакана дозатора.

Фактическая производительность  $\Pi_\phi$ , бут/с,

$$\Pi_\phi = \frac{z}{1,62 \cdot \lambda \cdot \tau_n}, \quad (6)$$

где  $\lambda$  - коэффициент запаса, учитывающий неточное определение и изменение  $\tau_n$  при фасовке пищевых жидкостей ( $\lambda = 1,4$ ).

Коэффициент использования технической мощности разливочного автомата  $\xi$  определяется по формуле

$$\xi = \Pi_\phi / \Pi_T, \quad (7)$$

При расчете разливочных автоматов необходимым элементом проектирования является определение следующих условий: опрокидывание и несоскальзывание бутылок, находящихся на подъемном столике вращающейся карусели. При этом рассматривается два варианта: для порожней и наполненной бутылки.

Условие опрокидывания бутылок

$$F_{цб \cdot h} \leq G_b \frac{d_b}{2}, \quad (8)$$

Условие несоскальзывания бутылок с подъемного стола

$$F_{цб} < G_b f_{mp}, \quad (9)$$

где  $F_{цб}$  - центробежная сила, действующая на бутылку, Н;  $h$  - высота центра тяжести бутылки, м ( $h = 0,095$  м);

$$F_{цб} = m\omega^2 R, \quad (10)$$

где  $\omega$  - угловая скорость вращения карусели, рад/с;  $R$  - радиус окружности по центрам подъемных столиков, м; ( $R = 0,28$  м);  $m$  - масса бутылки, наполненной жидкостью, кг,

$$m = m_b + m_{ж}, \quad (11)$$

где  $m_b$  - масса пустой бутылки, кг ( $m_b \approx 0,45$  кг);  $m_{ж}$  - масса жидко-

сти, наполняющей бутылку, кг ( $m_{жс} = 0,500 + 0,035$  кг);  $G_6$  - вес бутылки, Н ( $G_6 = m \cdot g$ );  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> - ускорение свободного падения;  $f_{mp}$  - коэффициент трения скольжения стеклянной бутылки о материал столика ( $f_{mp} = 0,1$ ).

Энергия, расходуемая разливающим автоматом, затрачивается на перекачивание роликов подъемных столиков по копиру и вращение карусели автомата.

Соппротивление  $P_1$ , Н от перекачивания роликов по горизонтальному участку копира

$$P_1 = z_1(G_1 + G_2)(2k + f \cdot d)/D, \quad (12)$$

где  $z_1$  - число подъемных столиков, одновременно перемещающихся по горизонтальному участку копира;  $G_1$  - усилие сжатой пружины, Н;  $G_2$  - сила тяжести штока, столика с подшипником, роликом и порожней бутылкой, Н;  $k$  - коэффициент трения качения шарикоподшипника ролика, м;  $k = 0,005$  м;  $f$  - условный коэффициент трения скольжения подшипника ( $f = 0,15$ );  $d$  - диаметр окружности по центрам шариков подшипника, м;  $D$  - диаметр шарикоподшипника, м.

Соппротивление  $P_2$ , Н на участке подъема штока с учетом угла подъема копира,

$$P_2 = \left[ (G_1 + G_3) \sin \alpha + \cos \alpha \frac{2k + fd}{D} I \frac{1}{\cos \alpha} \right], \quad (13)$$

где  $G_3$  - сила тяжести штока, подшипника, ролика и наполненной бутылки, Н;  $\alpha$  - угол подъема профиля копира, град,  $\alpha = 45^\circ$ . Соппротивлением движению ролика на участке копира с опусканием

штока можно пренебречь. Суммарное сопротивление  $P$ , Н движению всех роликов, одновременно находящихся в контакте с копиром,

$$P = P_1 + P_2. \quad (14)$$

Мощность  $N_1$ , кВт, расходуемая на перекачивание роликов по копиру

$$N_1 = 10^{-3} P \cdot v, \quad (15)$$

где  $v$  - линейная скорость перемещения столиков, м/с ( $v = \omega R$ ).

Мощность  $N_2$ , кВт, расходуемая на вращение карусели без учета сопротивления роликов

$$N_2 = 10^{-3} G_4 \cdot f_6 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \omega, \quad (16)$$

где  $G_4$  - сила тяжести главного вала с прикрепленными к нему деталями, Н;  $f_6$  - условный коэффициент трения скольжения под-

шипника ( $f_s = 0,1$ );  $d_1$  - диаметр окружности по центрам шариков упорного подшипника главного вала, м ( $d_1 = d$ );  $\omega$ - угловая скорость вращения главного вала, рад/с.

Суммарная мощность  $N$ , кВт на главном валу разливочного автомата,

$$N=(N_1+N_2)/\eta_k, \quad (17)$$

где  $\eta_k$  - КПД подшипников качения ( $\eta_k = 0,98$ ).

Мощность электродвигателя привода разливочного автомата  $N_{дв}$ , кВт,

$$N_{дв}=K \cdot N/\eta_{np}, \quad (18)$$

где  $K$  - коэффициент пуска ( $K = 1,15$ );  $\eta_{np}$  - КПД привода ( $\eta_{np} = 0,8$ ).

Т а б л и ц а 1

## Варианты индивидуальных заданий

Вариант по последней цифре шифра	$z$ , шт.	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$f_{\text{отв}} \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup>	$H$ , м	$z_1$ , шт.	$G_1$ , Н	$G_2$ , Н	$G_3$ , Н	$G_4$ , Н	$D$ , м	$d$ , м
1	16	6,25	0,8	0,225	5	196	108	118	2945	0,372	0,340
2	18	5,56	0,9	0,230	6	245	118	128	3140	0,380	0,350
3	20	5,00	1,0	0,245	6	215	128	137	3240	0,388	0,355
4	22	4,55	1,1	0,260	7	225	137	148	3435	0,394	0,360
5	25	4,00	1,2	0,270	8	186	148	157	3335	0,400	0,370
6	28	3,57	1,3	0,280	9	196	157	168	3535	0,375	0,345
7	16	6,25	1,4	0,250	5	235	168	196	3140	0,380	0,350
8	18	5,56	1,5	0,250	6	245	196	215	3435	0,388	0,355
9	16	6,25	1,6	0,230	5	225	108	215	3140	0,372	0,340
0	18	5,60	1,7	0,240	6	186	118	196	3240	0,380	0,350

## Задание на контрольный вопрос теоретической части

Вариант по предпоследней цифре шифра	Контрольный вопрос теоретической части
1	Определения тары и упаковки. Функции тары и упаковки.
2	Определения тары и упаковки. Классификационные признаки тары и упаковки.
3	Весовые и объемные дозаторы фасовочно-упаковочного оборудования.
4	Устройства сварки поперечного и продольного швов в расфасовочно-упаковочных автоматах.
5	Классификация оборудования для наполнения и дозирования пищевых продуктов. Конструкция и принцип действия вибрационной набивочной машины и маслonaполнителя.
6	Классификация оборудования для формования. Конструкция и принцип действия вакуумного шприца.
7	Классификация оборудования для розлива и укупорки жидких пищевых продуктов. Гравитационные, изобарические и вакуум разливные машины.
8	Классификация оборудования для розлива и укупорки жидких пищевых продуктов. Укупорочные автоматы.
9	Классификация оборудования для упаковки продуктов в пакеты из гибких термосвариваемых материалов.
0	Классификация оборудования для этикетирования и маркировки. Основные конструктивные элементы этикетировочных автоматов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. Машины и аппараты пищевых производств [Текст]: В 3 кн.: учеб. для вузов. Кн. 3 / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др.; под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – М.: КолосС, 2009. – 847 с.

2. Казарцев, Д.А. Тара и упаковка [Текст] : учеб. пособие / Д. А. Казарцев, А. В. Журавлев; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж : ВГТА, 2007. – 128 с.

### Дополнительный

3. Хэнлон, Дж. Ф. Упаковка и тара: проектирование, технологии, применение [Текст] / Дж. Ф. Хэнлон, Р. Дж. Келси, Х. Е. Форсинио. пер. с англ.; под общ. ред. В.Л. Жавнера, 2006. – 632 с.

4. Системное развитие техники пищевых технологий / С.Т. Антипов, В.А. Панфилов, О.А. Ураков, С.В. Шахов; Под ред. Акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2010. – 762 с.

5. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий [Текст]: Учебник / Под. ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 912 с.

Учебное издание

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФАСОВКИ И УПАКОВКИ ПРОДУКЦИИ**

Программа, методические указания и задания  
к контрольным работам

Для студентов, обучающихся по направлению  
151000 – «Технологические машины и оборудование» ,  
профиль 151000.62 «Машины и аппараты пищевых производств»  
заочной формы обучения

Составители

Компьютерный набор и верстка

Подписан в печать .2013. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Ризография.  
Усл. печ. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,5.  
Тираж 100 экз. Заказ . С – 111 – 21 .

Воронежский государственный университет  
инженерных технологий (ВГУИТ)  
Участок оперативной полиграфии ВГУИТ  
Адрес академии и участка оперативной полиграфии:  
394000 Воронеж, пр. Революции, 19