

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
“БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ  
на тему “Расчет машин для мойки плодов и овощей”  
по курсу “Расчёт и конструирование машин  
и аппаратов пищевых производств”

*для студентов специальности 1-36 09 01  
“Машины и аппараты пищевых производств”*

УДК 664.002.5

Методические указания предназначены для обеспечения помощи студентам специальности 1-36 09 01 "Машины и аппараты пищевых производств" при выполнении практических работ по курсу "Расчёт и конструирование машин и аппаратов пищевых производств". В методических указаниях приведены основные сведения, варианты индивидуальных заданий, описан порядок их выполнения и список рекомендуемых источников.

Составители: Ю.А. Хоронжевский, старший преподаватель  
А.Ю. Хоронжевская, ассистент

Рецензент: И.В. Чижик, зам. директора по маркетингу, коммерческим  
вопросам и идеологической работе ОАО "БРЕСТМАШ"

## ВВЕДЕНИЕ

Предметом изучения курса "Расчёт и конструирование машин и аппаратов пищевых производств" являются современные рациональные и прогрессивные методы конструирования и расчёта аппаратов пищевого производства. Создавая конструкции машин, инженер должен обеспечить их определённые эксплуатационные технические характеристики и надёжность работы, а также экономическую целесообразность изготовления конструкций.

Цель курса – подготовка студентов к организационно-технической, экспериментальной деятельности, связанной с проектированием современных, надёжных, высокоэффективных машин и аппаратов.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ТЕМА: РАСЧЁТ ЛИНЕЙНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

### Теоретическая часть

Для мойки сырья используется обычно проточная или оборотная вода. После отмочка загрязнения с поверхности сырья удаляются щётками или жидкостными струями.

Из многообразия моечных машин наибольшее распространение получили лопастные, ленточные, барабанные, вибрационные, комбинированные, элеваторные, щеточные и др. Выбор моечной машины определяется структурно-механическими и прочностными свойствами растительного сырья, а также характером и количеством загрязнений на поверхности сырья.

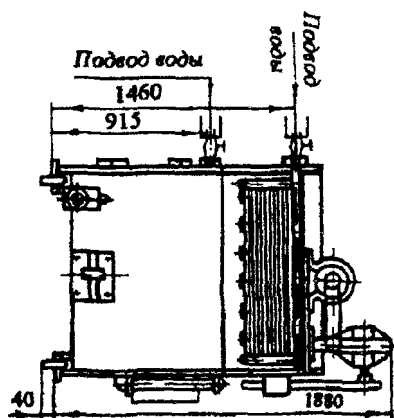
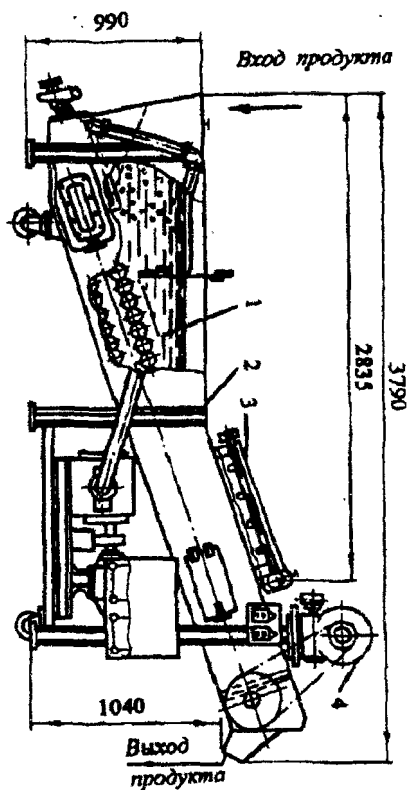
Мойку растительного сырья производят погружением в воду (отмочка), ополаскиванием струями воды из насадок, использованием щёточных устройств, активным перемешиванием. В большинстве моечных машин применяют комбинацию перечисленных способов мойки.

Мойка предусматривает удаление с поверхности сырья остатков земли, песка, сторонних тяжёлых и лёгких примесей (камни, листья, ветки, солома и др.). Для каждого вида сырья требуется свой способ и режим мойки.

Линейная моечная машина (рисунок 1.1) предназначена для мойки различных овощей и плодов как с мягкой, так и с твёрдой структурой. Она состоит из ванны 1, транспортерного полотна 2, душевого устройства 3 и привода 4. На каркасе ванны 1 смонтированы все узлы моечной машины.

При работе машины плоды поступают в моечное пространство ванны непрерывно. Для более интенсивной мойки загрязненный продукт активно перемешивается за счёт подводимого от нагнетателя сжатого воздуха. Вымытый продукт из моечного пространства перемешивается наклонным транспортёром, в верхней части которого (перед выгрузкой) он ополаскивается водой из душевого устройства.

Выгрузка продукта производится через лоток, регулируемый по высоте. Величина слоя продукта, поступающего на транспортерное полотно, регулируется заслонкой. Вода, поступающая в ванну через ополаскивающий душ, удаляется через сливную щель. Чистка ванны производится через грязевой люк и боковые окна.



1 – моечная ванна; 2 – транспортное полотно; 3 – душевое устройство; 4 – привод  
 Рисунок 1.1 – Линейная моечная машина

### Расчетная часть

**Цель работы:** изучение устройства и принципа действия линейной моечной машины, приобретение практических навыков по расчёту моечных машин.

**Задание:** выполнить расчёт линейной моечной машины, если заданы: скорость транспортёра  $v_c$ , м/с; длина зеркала воды в ванне  $A$ , м; диаметр трубопровода  $d_m$ , м; длина трубопровода  $l_m$ , м; длина транспортера  $L$ , м; вид перерабатываемого сырья.

### Методика расчёта

Производительность  $Q$ , кг/с, линейных моечных машин определяется производительностью рабочего транспортера

$$Q = b \cdot h_c \cdot \varphi_c \cdot \rho_c \cdot v_c, \quad (1.1)$$

где  $b$  – ширина рабочей части транспортёра, м: 0,6...0,9 м;

$h_c$  – высота слоя сырья, м (таблица 1.1);

$\varphi_c$  – коэффициент использования транспортёра:  $\varphi_c = 0,6...0,7$ ;

$\rho_c$  – насыпная плотность сырья, кг/м<sup>3</sup> (таблица 1.1);

$v_c$  – скорость транспортёра, м/с.

Время отточки сырья  $\tau$ , с, определяется полезным объёмом ванны  $W_n$ , м<sup>3</sup>,

$$\tau = \frac{W_n \cdot \rho_c}{Q}, \quad (1.2)$$

Полезный объём ванны  $W_n$  определяется площадью зеркала воды в ванне  $F_3$ , м<sup>2</sup>.  
При обычной призматической форме ванны

$$W_n = \frac{F_3 \cdot H_m}{2}, \quad (1.3)$$

где  $H_m$  – глубина наиболее погруженной точки несущей ветви транспортёра:  
 $H_m = 0,5...0,7$  м.

Площадь зеркала воды в ванне моечной машины  $F_3$ , м<sup>2</sup>,

$$F_3 = A \cdot B, \quad (1.4)$$

где  $A$  – длина зеркала воды в ванне, м;

$B$  – расстояние между боковыми стенками ванны, м:

$$B = b + 0,1.$$

Количество воздуха и необходимый напор, под которым он должен подаваться в барботер, определяются размерами зеркала воды в ванне и глубиной погружения отверстия истечения воздуха и барботеров. Для практической эксплуатации моечных машин установлена следующая норма: 1,5 м<sup>3</sup> воздуха в минуту на 1 м<sup>2</sup> площади зеркала воды, т.е.

$$W_b = \frac{1,5 \cdot F_3}{60}, \quad (1.5)$$

Нагнетатель воздуха для моечной машины выбирается по расходу воздуха  $W_b$  и необходимому напору  $P_b$ .

Поскольку длина воздуховода для подвода воздуха к барботерам и скорость воздуха в воздуховоде малы, потерями по длине воздуховода можно пренебречь, тогда  $P_B$ , Па,

$$P_B = \frac{\rho_B \cdot v_B^2}{2} \cdot (1 + \Sigma \xi) + \rho_{ж} \cdot h_{ж} \cdot g, \quad (1.6)$$

где  $\rho_B$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>:  $\rho_B = 0,00129$  кг/м<sup>3</sup>;  
 $v_B$  – скорость воздуха в воздуховоде, м/с : рекомендуется не более 10 м/с;  
 $\xi$  – коэффициент местного сопротивления :  $\xi = 0,30 \dots 0,45$ ;  
 $\rho_{ж}$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup> :  $\rho_{ж} = 1000$  кг/м<sup>3</sup> ;  
 $h_{ж}$  – глубина погружения в воду отверстий барботера, м :  $h_{ж} = H_m + 0,1$  м;  
 $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения.

Мощность электродвигателя для привода нагнетателя воздуха  $N_B$ , кВт,

$$N_B = \frac{W_B \cdot P_B}{1000 \cdot \eta_B}, \quad (1.7)$$

где  $W_B$  – расход подаваемого воздуха, м<sup>3</sup>/с ;  
 $P_B$  – необходимый напор, Па :  $P_B = 0,15 \dots 0,20$  Мпа ;  
 $\eta_B$  – КПД нагнетателя :  $\eta_B = 0,6 \dots 0,8$ .

Мощность, необходимая для привода центробежного насоса, подающего жидкость к душевым или шприцевым устройствам  $N_{ж}$ , кВт,

$$N_{ж} = \frac{Q_{ж} \cdot P_{ж}}{1000 \cdot \eta_{н}}, \quad (1.8)$$

где  $Q_{ж}$  – расход жидкости, м<sup>3</sup>/с ;  
 $P_{ж}$  – напор жидкости у насоса, Па:  $P_{ж} = 0,2 \dots 0,3$  Мпа ;  
 $\eta_{н}$  – КПД насоса :  $\eta_{н} = 0,70 \dots 0,85$ .

Расход жидкости  $Q_{ж}$ , м<sup>3</sup>/с,

$$Q_{ж} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{и}}{\rho_{ж}}}, \quad (1.9)$$

где  $\mu$  – коэффициент расходе: для цилиндрического насадка  $\mu = 0,82$ ; для конического сходящегося  $\mu = 0,95$ ; для конического расходящегося  $\mu = 0,48$ . Вид насадка выбирается самостоятельно;

$d$  – диаметр отверстия барботера , м: выбирается равным 0,75; 1,25; 1,50 мм в зависимости от вида перерабатываемого сырья, меньшие значения выбираются для мелких плодов и овощей;

$n$  – количество одинаковых отверстий барботера:  $n = 50 \dots 60$  ;  
 $P_{и}$  – напор жидкости у отверстия истечения, Па:  $P_{и} = P_{ж} = 0,2 \dots 0,3$  Мпа;  
 $\rho_{ж}$  – плотность моющей жидкости, кг/м<sup>3</sup>:  $\rho_{ж} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Напор жидкости у насоса

$$P_{ж} = P_{и} + P_n, \quad (1.10)$$

где  $P_n$  – потеря напора от местных и путевых сопротивлений, Па,

$$P_n = \frac{\rho_{ж} \cdot v_{ж}^2}{2} \left[ 1 + \Sigma(\xi + \lambda_{ж} \cdot \frac{l_m}{d_m}) \right], \quad (1.11)$$

где  $v_{ж}$  – скорость жидкости в трубопроводе, м/с: рекомендуется не более 2 м/с;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления:  $\xi = 0,85$ ;

$\lambda_{ж}$  – коэффициент сопротивления трения по длине трубопровода;

$l_m$  – длина трубопровода, м ;

$d_m$  – диаметр трубопровода, м.

$$\text{при } Re \leq 100000 \quad \lambda_{ж} = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (1.12)$$

$$\text{при } Re \geq 100000 \quad \lambda_{ж} = \left[ \frac{0,555}{tg \frac{Re}{7}} \right]^2, \quad (1.13)$$

здесь  $Re$  – число Рейнольдса  $Re = v_{ж} \cdot d_m \cdot \rho_{ж} / \mu_{ж}$ ,

$\mu_{ж}$  – кинематическая вязкость мощеи жидкости:  $\mu_{ж} = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Мощность  $N_{пр}$ , кВт, для привода основного транспортёра,

$$N_{пр} = \frac{A_m \cdot v_c}{1000 \cdot \eta}, \quad (1.14)$$

где  $A_m$  – тяговое усилие транспортёра, Н;

$v_c$  – скорость транспортёра, м/с;

$\eta$  – КПД передаточных механизмов:  $\eta = 0,61 \dots 0,78$ .

Тяговое усилие определяется методом обхода контура с учётом максимальной загрузки. Ориентировочно тяговое усилие,  $A_m$ , можно определить

$$A_m = (0,215 \cdot g_0 \cdot L_2 + 50 + 0,215 \cdot g \cdot L) \cdot g, \quad (1.15)$$

где  $g_0$  – масса полезной нагрузки на 1 м транспортера, кг:  $g_0 = 8 \dots 12$  кг;

$g$  – масса 1м транспортера без груза, кг:  $g = 4,4 \dots 5,1$  кг;

$L_2$  – длина груженой части транспортера, м:  $L_2 = 0,65 \cdot L$ ;

$L$  – длина транспортёра, м ;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

**Таблица 1.1 – Насыпная плотность плодов и овощей**

№	Сырьё	Высота слоя сырья $h_c$ , м	Насыпная плотность $\rho_c$ , кг/м <sup>3</sup>
1	2	3	4
1	Кабачки	0,14	450...500
2	Перец	0,08	200...300
3	Баклажаны	0,16	330...430
4	Томаты	0,06	580...630
5	Лук	0,05	490...520

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
6	Яблоки	0,07	430...570
7	Груши	0,06	450...610
8	Сливы	0,03	530...680
9	Морковь	0,05	560...590

**Порядок выполнения отчёта**

Отчёт о расчётно-практической работе включает в себя:

- цель работы;
- теоретическую часть, в которой излагается классификация моечных машин, основы теории мойки, устройство и принцип работы моечной машины, требования эксплуатации;
- расчётную часть, в которой приводится расчёт линейной моечной машины по заданному варианту (таблица 1.2);
- графическую часть, в которой выполняется чертёж моечной машины и спецификация к нему.

**Контрольные вопросы**

1. Какие виды моечных машин используются?
2. Каково устройство и принцип работы линейной моечной машины?
3. От каких параметров зависит производительность линейной моечной машины?
4. За счёт каких факторов можно повысить эффективность работы линейных моечных машин?

**Таблица 1.2 – Варианты индивидуальных заданий**

№ варианта	Скорость транспортера $v$ , м/с	Длина зеркала воды $A$ , м	Диаметр трубопровода $d_m$ , м	Вид перерабатываемого сырья	Длина трубопровода $l_m$ , м	Длина транспортера $L$ , м
1	0,137	1,94	0,40	Кабачки	8,0	3,6
2	0,141	1,92	0,38	Перец	8,5	3,8
3	0,145	1,90	0,36	Баклажаны	9,0	3,4
4	0,149	1,88	0,34	Томаты	9,6	4,0
5	0,153	1,86	0,32	Лук	10,0	3,2
6	0,157	1,84	0,30	Яблоки	10,5	3,1
7	0,161	1,82	0,28	Груши	11,0	3,9
8	0,165	1,80	0,48	Сливы	11,5	3,3
9	0,169	1,79	0,46	Морковь	12,0	3,7
10	0,173	1,77	0,44	Кабачки	8,3	3,5
11	0,139	1,75	0,42	Перец	8,8	3,8
12	0,143	1,73	0,28	Баклажаны	9,3	3,1
13	0,147	1,71	0,40	Томаты	9,7	4,1
14	0,151	1,72	0,30	Лук	10,3	3,6
15	0,155	1,74	0,32	Яблоки	10,8	4,2
16	0,159	1,76	0,34	Груши	11,2	4,4
17	0,163	1,78	0,36	Сливы	11,6	3,9
18	0,167	1,91	0,38	Морковь	11,9	3,7
19	0,171	1,93	0,40	Перец	8,1	4,5
20	0,182	1,89	0,32	Лук	9,4	4,7
21	0,178	1,85	0,44	Сливы	9,9	3,3



## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

### **ТЕМА: РАСЧЁТ БАРАБАННОЙ МОЕЧНОЙ МАШИНЫ**

#### **Теоретическая часть**

Мойка в барабанных моечных машинах осуществляется при вращении барабана путём интенсивного перемешивания сырья и за счёт ударов падающего сырья о поверхность воды. Эффективность процесса мойки определяется соотношением сил, действующих на сырьё, находящееся в барабане.

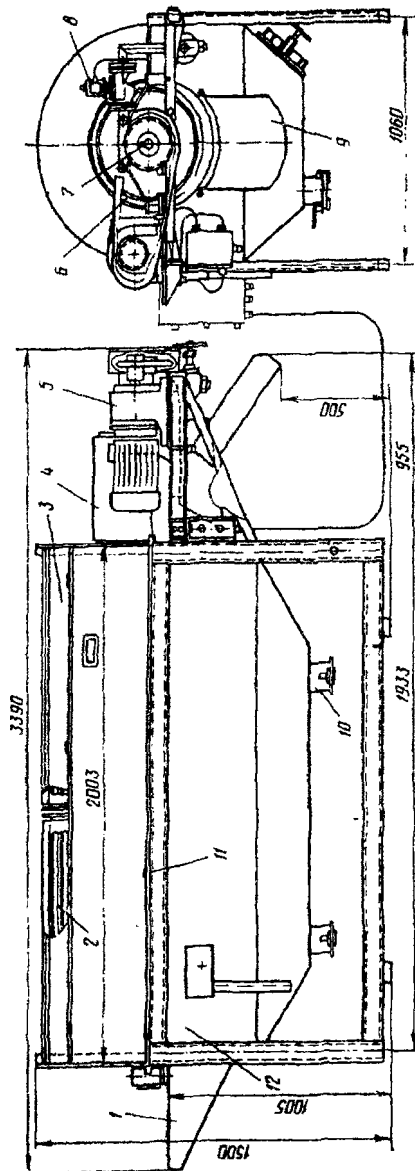
При малом числе оборотов барабана сырьё располагается в его нижней части. С увеличением числа оборотов барабана возрастает угол подъёма сырья (в гладких барабанах), и чем число оборотов больше, тем выше подъём, отрыв и высота падения сырья. С увеличением угла подъёма эффективность процесса мойки повышается в результате лучшего перемешивания и большей высоты падения сырья. Однако при значительном числе оборотов барабана может наступить такой момент, когда центробежная сила превысит силу тяжести и сырьё в течение всего оборота будет прижато к стенкам барабана, т.е. процесс мойки будет нарушен.

Барабан может быть цилиндрическим, коническим, горизонтальным или наклонным. Непрерывно действующие машины изготавливаются с наклонно или горизонтально расположенным барабаном. В первом случае сырьё продвигается вдоль барабана благодаря наклону, во втором – с помощью спирали или специальных накладок, приваренных к внутренней поверхности барабана, если он цилиндрический, либо за счёт конусности.

Барабанная моечная машина (рисунок 2.1) предназначена для мойки твёрдых плодов и овощей (корнеплодов, груш, яблок и т.д.). Она состоит из каркаса 11 с укрепленной на нем ванной 12, которая разделена перегородкой на две части. В каждой части ванны размещено по барабану 2 и 3, которые одинаковы по длине и диаметру. За барабаном расположен третий барабан 4.

Все три барабана приводятся во вращательное движение общим валом 7. Первые два барабана предназначены для отмочки и отделения от загрязнения. На поверхности этих барабанов имеются щели, через которые проходят загрязнения и осаждаются на дне ванны. Загрязнения удаляются из машины через люк 10. Третий барабан предназначен для чистового ополаскивания водой, для чего он снабжён душевым устройством, а его поверхность перфорирована. Привод машины осуществляется от мотор-редуктора 5 через цепную передачу 6.

Вода в душевое устройство подается через запорный магнитный клапан 8, заблокированный с приводным электродвигателем. Сырьё в машину подаётся через приёмный лоток 1, из него поступает в барабан 2, затем лопастями перебрасывается сначала в барабан 3, а из него специальным ковшом – в барабан 4. Промытое сырьё выгружается из машины через лоток 9.



1 – приемный лоток; 2-4 – барабан; 5 – мотор-редуктор; 6 – цепная передача;  
 7 – вал; 8 – запорный магнитный вентиль; 9 – выгрузочный лоток; 10 – люк; 12 – ванна

**Рисунок 2.1 – Барабанная моечная машина**

## Расчётная часть

**Цель работы:** изучение устройства и принципа действия барабанной моечной машины, приобретение практических навыков по расчёту барабанной моечной машины.

**Задание:** выполнить расчёт непрерывно действующей барабанной моечной машины, если заданы: диаметр барабана  $D_B$ , м; длина барабана  $L_B$ , м; вид перерабатываемого сырья.

### Методика расчёта

Наименьшее число оборотов, при котором сырьё, находящееся в барабане, не отрываясь от его стенок, начинает вращаться вместе с ним, называется критическим числом оборотов барабана моечной машины  $n_{кр}$ , мин<sup>-1</sup>. Для гладкого барабана

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D_B}}, \quad (2.1)$$

где –  $D_B$  диаметр барабана, м.

Рабочее число оборотов барабана моечной машины меньше критического

$$n_p = \varphi_B \cdot n_{кр}, \quad (2.2)$$

где  $\varphi_B$  – опытный коэффициент:  $\varphi_B = 0,20 \dots 0,26$ .

Производительность  $Q$ , кг/с, барабанной моечной машины можно определить по уровню непрерывности потока

$$Q = f \cdot v_n \cdot \varphi' \cdot \rho_c, \quad (2.3)$$

где  $f$  – площадь поверхности барабана, м<sup>2</sup>,

$$f = \pi \cdot D_B \cdot L_B, \quad (2.4)$$

$v_n$  – скорость поступательного движения сырья вдоль барабана, м/с,

$$v_n = k' \cdot D_B \cdot \text{tg} \beta n_p / 60, \quad (2.5)$$

здесь  $\beta$  – угол наклона барабана:  $\beta = 2 \dots 3^\circ$ ;

$k'$  – коэффициент, учитывающий унос сырья водой и подъём сырья на высоту, меньшую диаметра барабана:  $k' = 1,5 \dots 2,0$ ;

$\varphi'$  – коэффициент заполнения или использования сечения барабана:

$$\varphi' = 0,02 \dots 0,007;$$

$\rho_c$  – насыпная плотность сырья, кг/м<sup>3</sup> (таблица 1.1).

Мощность двигателя  $N$ , кВт, барабанных моечных машин непрерывного действия

$$N = \frac{4 \cdot Q \cdot L_B \cdot g}{1000 \cdot \text{tg} \beta}, \quad (2.6)$$

где  $Q$  – производительность, кг/с;

$L_B$  – длина моечного барабана, м;

$g$  – ускорение свободного падения:  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

### Порядок оформления отчёта

Отчёт о расчётно-практической работе включает в себя:

- цель работы;
- теоретическую часть, в которой излагается классификация моечных машин, основы теории мойки, устройство и принцип работы барабанной моечной машины, требования эксплуатации;
- расчётную часть, в которой приводится расчёт барабанной моечной машины по заданному варианту (таблица 2.1);
- графическая часть, в которой выполняется чертёж барабанной моечной машины и спецификация к нему.

### Контрольные вопросы

1. Почему ограничена частота вращения барабана моечной машины?
2. Принцип устройства и работы барабанной моечной машины?
3. От каких параметров зависит производительность барабанной моечной машины?
4. Назовите основные направления повышения эффективности работы барабанных моечных машин.
5. Какие требования предъявляются к эксплуатации и обслуживанию моечных машин?

**Таблица 2.1 – Варианты индивидуальных заданий**

Номер варианта	Диаметр барабана $D_b$ , м	Длина барабана $L$ , м	Вид сырья
1	0,80	1,80	Кабачки
2	0,82	1,90	Перец
3	0,84	2,0	Баклажаны
4	0,86	2,10	Томаты
5	0,88	2,20	Лук
6	0,90	2,30	Морковь
7	0,92	2,40	Яблоки
8	0,94	2,50	Груши
9	0,96	2,48	Сливы
10	0,98	1,85	Кабачки
11	0,97	1,95	Перец
12	0,95	2,05	Баклажаны
13	0,93	2,15	Томаты
14	0,89	2,25	Лук
15	0,87	2,35	Морковь
16	0,85	2,45	Яблоки
17	0,83	2,55	Груши
18	0,81	1,92	Сливы
19	0,94	2,36	Морковь
20	0,97	2,08	Лук
21	0,91	1,87	Перец

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Остриков А.Н. Практикум по курсу "Технологическое оборудование" / А.Н. Остриков, М.Г. Парфенопуло, А.А. Шевцов; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 1999. – 424 с.
2. Соколов, В.И. Основы расчёта и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. – М.: Машиностроение, 1983 – 447с.
3. Харламов, С.В. Конструирование технологических машин пищевых производств. – Л.: Машиностроение, 1979. – 224с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа №1. Тема: Расчёт линейной машины для мойки плодов и овощей .....	3
Практическая работа №2. Тема: Расчёт барабанной моечной машины .....	9
Рекомендуемые источники .....	13

Учебное издание

**Составители:**

*Хоронжевский Юрий Анатольевич  
Хоронжевская Анжела Юрьевна*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ  
на тему “Расчет машин для мойки плодов и овощей”  
по курсу “Расчёт и конструирование машин  
и аппаратов пищевых производств”

*для студентов специальности 1-36 09 01  
“Машины и аппараты пищевых производств”*

Ответственный за выпуск: Хоронжевский Ю.А.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 11.01.2016 г. Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Arial Narrow».  
Бумага «Performer». Усл. п. л. 0,93. Уч. изд. 1,0. Заказ № 21. Тираж 40 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267