

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению практической работы по курсу
«Расчет и конструирование машин и аппаратов
пищевых производств»**

для студентов специальности

1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»

Брест 2016

УДК 664 (07)
МБ4

Данные методические указания могут использоваться студентами специальности 1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств» для выполнения практической работы по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств». Представлены основные теоретические моменты, приведен расчет бутылкомоечной машины, варианты индивидуальных заданий и рекомендуемая литература для выполнения практической работы.

Составитель: Ю.А. Добряник, ст. преподаватель

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

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств» относится к специальным дисциплинам. Основная задача курса – это научить студентов создавать и внедрять в промышленность современную, высокоэффективную технику, прогрессивные технологии и материалы, способствующие повышению производительности, экономии материальных и трудовых ресурсов.

Цель дисциплины – качественная подготовка студентов для решения инженерных задач, связанных с расчетом и конструированием машин и аппаратов пищевых производств.

РАСЧЕТ БУТЫЛКОМОЕЧНОЙ МАШИНЫ

Теоретическая часть

Мойка бутылок – одна из важнейших операций при фасовке пищевых жидкостей, от эффективности которой зависит качество продукции и режим работы всей линии розлива. Это сложный физико-химический процесс. Как правило, сила прилипания (адгезии) загрязнения к поверхности бутылок превышает силу сцепления между частицами загрязнений (силу когезии), поэтому смыв загрязнений затруднен и происходит постепенно, без пленочного срыва загрязнений [1].

Весь процесс мойки бутылок можно разделить на два этапа:

- поверхностное взаимодействие загрязнения и моющего раствора;
- разделение неоднородной системы, состоящей из двух фаз: загрязнение – стекло.

Первый этап, в свою очередь, можно разделить на две стадии:

- взаимодействие смываемого вещества и жидкости (набухание), в ходе которого на поверхности бутылок образуется насыщенный раствор или концентрированная суспензия;
- перенос растворенного или суспендированного вещества в моющую жидкость путем диффузии.

Решающими факторами, обуславливающими хорошее качество мойки, являются: температура моющих растворов и воды, концентрация моющего раствора, продолжительность мойки, гидродинамическое воздействие струи моющего раствора и воды при внутреннем и наружном шприцеваниях банок, частота заполнения банок моющими растворами и др.

Температурный режим в моечных машинах должен предусматривать постепенное нагревание и последующее постепенное охлаждение во избежание термического боя бутылок. Нагревание и охлаждение бутылок производят ступенчато при перемещении их из одной зоны в другую; максимально допустимый перепад температур в соседних зонах не должен превышать 30...35°C при нагревании и 25 °C при понижении температуры. Предельная температура моющих жидкостей обычно не более 85 °C. Массовая доля щелочных растворов колеблется в пределах 0,5...2,0 %.

Теплота в машине расходуется на подогрев щелочного раствора и воды при подготовке машины к работе и нагрев воды и бутылок, а также на компенсацию

тепловых потерь при работе машины. Основные потери теплоты приходятся на долю горячей сточной воды.

Современные машины для мойки бутылок можно классифицировать по различным признакам:

– *по назначению* – на универсальные и специализированные (для определенной отрасли промышленности);

– *по способу мойки* – на шприцевальные, отмочно-шприцевальные и отмочно-шприцевальные с механической обработкой бутылок ершами и щетками;

– *по кинематическим признакам* – на конвейерные (цепные и бесцепные), барабанные и карусельные;

– *по числу отмочных ванн* – на одно-, двух- и многованнные;

– *по конструкции транспортирующего органа* – машины с цепным и бесцепным транспортерами бутылконосителей, барабанные или роторные (с горизонтальной осью вращения барабана), карусельные (с вертикальной осью вращения барабана);

– *по характеру движения транспортирующего органа* – машины прерывистого движения (циклические) и машины непрерывного движения;

– *по степени механизации* – с ручной загрузкой и выгрузкой бутылок, с ручной загрузкой и автоматической выгрузкой бутылок, с автоматической загрузкой и выгрузкой бутылок;

– *по месту расположения устройств для загрузки и выгрузки бутылок* – одно- и двусторонние.

Наибольшее распространение получили отмочно-шприцевальные машины с цепным транспортером бутылконосителей.

Современные бутылкомоечные машины, независимо от марки, включают следующие основные элементы: механизмы загрузки и выгрузки бутылок, бутылконосители, механизм перемещения бутылконосителей, устройство для отбора этикеток, шприцевальные устройства, привод, подогреватели раствора в ваннах.

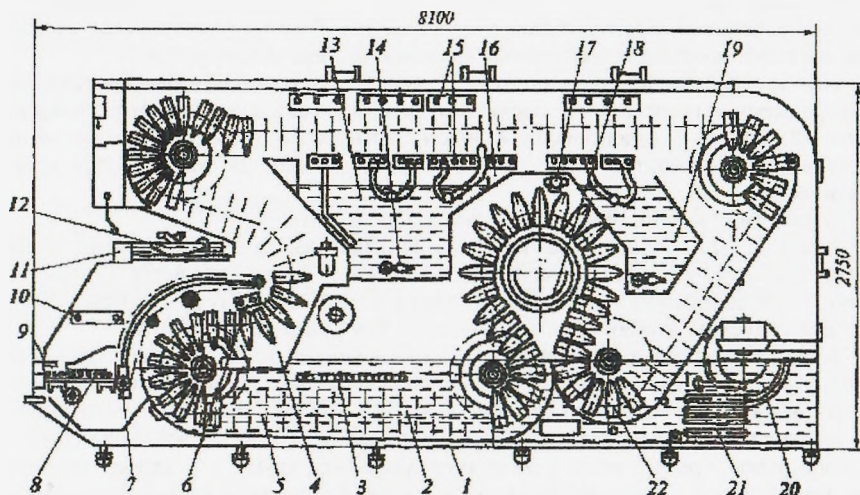
Качество вымытых бутылок определяют по следующим показателям: физическая чистота, бактериальная чистота и отсутствие остатков моющего раствора в бутылке.

Моечные машины должны обеспечивать чистоту отмываемого объекта, исключение боя или деформации (для жестяных банок) тары, минимальный расход воды и энергии, механизацию разгрузочно-погрузочных работ, простоту и надежность в эксплуатации, безопасность обслуживания.

Современные бутылкомоечные машины материалоемки. Установлено, что габаритные размеры, масса машины, приведенные затраты существенно зависят от правильно выбранного числа зубьев звездочки и шага цепи бутылконосителей, количества гнезд в бутылконосителе и других факторов, которые необходимо учитывать при проектировании.

Бутылкомоечная машина АММ-6 (рисунок 1) является одной из наиболее распространенных в пищевой промышленности машин, предназначенных для мойки бутылок вместимостью 0,25; 0,3 и 0,5 л. В сварном корпусе имеются отмочные ванны 2 и 22 и отсеки теплой воды и щелочного раствора. Внутри корпуса смонтирован транспортер бутылконосителей. В передней части корпуса расположены подающий и отводящий транспортеры, накопитель бутылок, вы-

полненный в виде многоручьевого рольганга с распределителями, устройство цепного типа для загрузки бутылок. На корпусе крепится устройство для выгрузки бутылок.



- 1 – корпус; 2 – первая щелочная ванна; 3 – подогреватель; 4, 16 – поддоны;
 5 – транспортер бутылконосителей; 6 – трубы; 7 – устройство для загрузки бутылок;
 8 – накопитель; 9 – подающий транспортер; 10 – устройство для предварительного
 обмыва бутылок; 11 – отводящий транспортер; 12 – устройство для выгрузки бутылок;
 13 – отсек оборотной воды; 14 – барботер; 15 – устройство для мойки щелочью и водой;
 17 – устройство для смыва этикеток; 18 – желоб; 19 – отсек щелочи; 20 – барабан
 этикеткоотборника; 21 – подогреватель; 22 – вторая щелочная ванна

Рисунок 1 – Бутылкомоечная машина АММ-6

На левой стороне размещен привод машины, состоящий из электродвигателя, вариатора и червячного редуктора. Здесь же установлены три насосные установки: одна – для смыва отмокших этикеток и создания направленного движения щелочного раствора в отмочной ванне в сторону барабана этикеткоотборника, другая для мойки бутылок щелочным раствором, третья для мойки оборотной водой. В машине имеются системы мойки бутылок щелочным раствором, горячей, теплой и водопроводной водой.

Особенностью машины является длительная отмочка бутылок в первой щелочной ванне, после которой производится смыв этикеток с бутылок. Этикеткоотборник состоит из желоба, вращающегося сетчатого барабана, к которому потоком щелочи прижимаются этикетки, вентилятора для сбива этикеток и лотка для их сбора.

Подводимые подающим транспортером бутылки поступают на накопитель, где обмываются теплой водой, подаваемой из отсека к устройству для предварительного обмыва. Устройством 7 бутылки загружаются в гнезда бутылконосителей. Вода из бутылок вместе с легкосмываемыми загрязнениями при движении транспортера бутылконосителей сливается в поддон 4. Для более эффек-

тивного подогрева бутылки перед поступлением в отмочную ванну обмываются снаружи горячей водой, поступающей из поддона 16 в трубы 6. В ванне происходит отмочка загрязнений и этикеток в щелочном растворе. Смытые этикетки направляются по желобу к барабану этикеткоотборника и вентилятором сдуваются в лоток. В отмочной ванне и на наклонной ветви транспортера бутылконосителей продолжается отмочка загрязнений в щелочном растворе.

На верхней ветви транспортера бутылки подвергаются многократному внутреннему спринцеванию и наружному ополаскиванию щелочным раствором, горячей, теплой и водопроводной водой. Вымытые бутылки выгружаются на отводящий транспортер. Температура моющих жидкостей регулируется автоматически.

Этому типу машин присущи следующие недостатки.

Машина выполнена двухванной, однако первая ванна в ней щелочная, и, несмотря на лучшее качество мойки, это повышает расход теплоты. В машине один отсек оборотной воды, что приводит к большому расходу водопроводной воды и допускает вероятность термического боя при мойке бутылок.

Моющий раствор обеих ванн интенсивно перемешивается, вследствие чего уменьшается температура во второй ванне и повышается в первой. Очень неэффективно использовать один отсек оборотной воды, так как необходимо расходовать значительное количество воды для смыва остатков щелочи и однократно использовать горячую воду. Кроме того, установка трубы для второй ступени предварительной обработки бутылок над первой щелочной ванной приводит к разбавлению щелочи, переполнению ванн и уходу раствора в канализацию.

Анализ эксплуатации бутылкомоечных машин позволил выявить основные направления их совершенствования: повышение единичной производительности машины, снижение металлоемкости, определяющей в основном стоимость машины и расходы на ее содержание и ремонт, снижение расхода электроэнергии, воды и пара, сокращение боя бутылок при мойке.

Образование накипи в бутылкомоечных машинах приводит к перерасходу воды, пара, щелочи, а также простоям при ее удалении. Поэтому для мойки бутылок целесообразно использовать смягченную воду.

Недостаточно эффективно решаются вопросы, связанные с уменьшением загрязнения окружающей среды сточной водой с содержанием щелочи, а также многократно использованным моющим раствором.

Важной проблемой, возникающей во время эксплуатации бутылкомоечной машины, является снижение шума. Это достигается за счет уменьшения скоростей транспортирования бутылок, создания более рациональных конструкций загрузочно-разгрузочных устройств, бутылконосителей и др., установления звукоизолирующих ограждений и оснащение производственных помещений звукопоглощающими материалами и т. д.

Расчетная часть

Цель работы: изучение теоретических основ процесса мойки; знакомство с классификацией, устройством и принципом действия бутылкомоечных машин; приобретение практических навыков по расчету бутылкомоечной машины.

Задание: выполнить расчет бутылкомоечной машины, если заданы: ширина бутылконосителя $a = 0,095$ м; высота бутылконосителя $b = 0,265$ м; производи-

тельность машины $\Pi_7 = 6000$ бут./ч; продолжительность технологического цикла (время активной мойки) $T_7 = 520$ с; количество отверстий в шприцевальных трубках для щелочного раствора $n_1 = 140$ шт.; количество отверстий в опрыскивающих трубках для щелочного раствора $n_2 = 40$ шт.; количество отверстий в шприцевальных трубках для подачи воды $n'_1 = 212$ шт.; количество отверстий в опрыскивающих трубках для подачи воды $n'_2 = 116$ шт.; время нагревания раствора $\tau = 1770$ с. Марка Г1 – ОМД – 6.

Методика расчета

Определение шага бутылконосителей и радиусов поворотных блоков. Размеры бутылкомоечных машин зависят от правильного выбора шага носителей и радиусов поворотных блоков. При уменьшении шага носителей уменьшается длина конвейера бутылконосителей и, следовательно, длина машины. В то же время уменьшение шага носителей неизбежно приводит к увеличению диаметров поворотных блоков и, как следствие, к увеличению размеров машины.

Соотношение между величинами шага носителей S , (м) и радиуса поворотных блоков R (м) можно определить с учетом свободного прохождения бутылконосителей через поворотные блоки (рисунок 2).

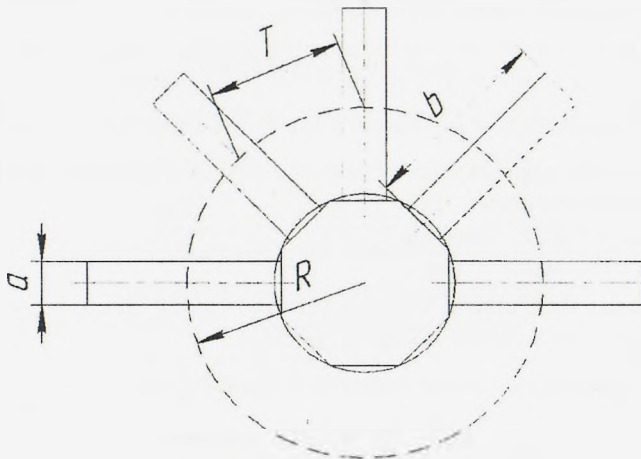


Рисунок 2 – Схема поворотного блока

Оптимальные величины R и S должны соответствовать минимуму функции, представляющей собой их произведение. Приравняв первую производную этой функции к нулю, находим после ряда преобразований $z_{опт}$, оптимальное число носителей на начальной окружности поворотного блока:

$$z_{опт} = \frac{180}{\text{arccctg}(-b/a)} = \frac{180}{\text{arccctg}(-0,265/0,095)} = 9,13 \text{ (принимаем 9 носителей),}$$

где a и b – соответственно ширина и высота носителя, м.

Радиус поворотного блока R , м (рисунок 2):

$$R = \frac{b}{2} + \frac{a}{2} \operatorname{ctg} \frac{180}{z} = \frac{0,265}{2} + \frac{0,095}{2} \operatorname{ctg} \frac{180}{9} = 0,263 \text{ м.}$$

Шаг носителя S , м:

$$S = 2\left(\frac{b}{2} + \frac{a}{2} \operatorname{ctg} \frac{180}{z}\right) \cdot \sin \frac{180}{z} = 2\left(\frac{0,265}{2} + \frac{0,095}{2} \operatorname{ctg} \frac{180}{9}\right) \cdot \sin \frac{180}{9} = 0,18 \text{ м.}$$

Расчет привода транспортера бутылконосителей.

Рабочий цикл машины T_p , с:

$$T_p = \frac{3600 \cdot U}{\Pi_T} = \frac{3600 \cdot 24}{6000} = 14,4 \text{ с,}$$

где Π_T – теоретическая производительность машины, бут./ч;

U – число потоков в машине (принимается равным числу бутылок в бутылконосителе $U = 24$).

Так как бутылкомоечная машина с прерывистым движением конвейера относится к машинам II класса, то ее рабочий цикл равен кинематическому T_K .

Определение количества бутылконосителей и длины конвейера машины.

Средняя скорость движения конвейера v_{cp} , м/с:

$$v_{cp} = \frac{S}{T_p} = \frac{0,18}{14,4} = 0,0125 \text{ м/с,}$$

где S – путь, который проходит конвейер машины за время рабочего цикла T_p , м.

Минимальное теоретическое количество бутылок, одновременно находящихся в машине, составит

$$B_T = \frac{\Pi_T \cdot T_T}{3600} = \frac{6000 \cdot 520}{3600} = 866,67 \text{ шт.}; \text{ принимаем } B_T = 867 \text{ шт. ,}$$

где T_T – продолжительность технологического цикла, которая действительно полезно используется (время активной мойки), с.

Минимальное теоретическое количество кассет K_T шт., равно

$$K_T = \frac{\Pi_T \cdot T_T}{3600 \cdot U} = \frac{6000 \cdot 520}{3600 \cdot 24} = 36,11 \text{ шт.}; \text{ принимаем } K_T = 37 \text{ шт.}$$

К этому минимальному числу кассет необходимо прибавлять некоторое число кассет для вспомогательных операций (для загрузки и выгрузки бутылок, стекания капель моющих жидкостей при переходе кассет из одной зоны в другую, неизбежный холостой ход кассет и т. д.).

Тогда действительное количество бутылок B_d шт., находящихся в машине,

$$B_d = \frac{B_T}{k_H} = \frac{867}{0,56} = 1548,2 \text{ шт.}; \text{ принимаем } B_d = 1549 \text{ шт.,}$$

а действительное количество кассет K_d шт.,

$$K_d = \frac{K_r}{k_H} = \frac{37}{0,56} = 66,1 \text{ шт; принимаем } K_d = 67 \text{ шт.}$$

где k_H – коэффициент непрерывности, равен отношению той доли технологического цикла, которая действительно полезно используется, к общему времени технологического цикла ($k_H = 0,56$).

Полная длина конвейера L , м,

$$L = S \cdot K_d = 0,18 \cdot 67 = 12,1 \text{ м.}$$

Расчет режима гидродинамической обработки бутылок.

Предельное количество моеющей жидкости m_1 , $\text{м}^3/\text{с}$, подаваемой в бутылку, определяем по эмпирической формуле

$$m_1 = 0,64 \cdot D^{1,63} = 0,64 \cdot 0,017^{1,63} = 0,00084 \text{ м}^3/\text{с},$$

где D – внутренний диаметр горлышка бутылки, мм ($D = 17$ мм).

Предельный диаметр сопла шприца d_1 , м:

$$d_1 = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{D^{1,63}}{\mu \cdot \sqrt{2p_1/\rho}}} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{0,017^{1,63}}{0,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 10^5/1000}}} = 0,0096 \text{ м.}$$

где μ – коэффициент расхода жидкости при истечении ее из отверстия ($\mu = 0,65 \dots 0,70$); p_1 – давление моеющего раствора в шприцевальных трубках, МПа ($p_1 = (2 \dots 3) \cdot 10^5$ Па); ρ – плотность моеющего раствора, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho = \rho_a = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Диаметр отверстия ополаскивающей форсунки d_2 , м,

$$d_2 = \sqrt{\frac{1,242 \cdot m_2}{\mu \cdot \sqrt{2p_2/\rho}}} = \sqrt{\frac{1,242 \cdot 0,2 \cdot 10^{-5}}{0,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 10^5/1000}}} = 0,000596 \text{ м.}$$

где m_2 – количество моеющего раствора, необходимого для ополаскивания наружной поверхности бутылок, $\text{м}^3/\text{с}$ (для бутылок вместимостью $0,5 \text{ дм}^3$ – $m_2 = (0,15 \dots 0,20) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$); μ – коэффициент расхода жидкости при истечении ее из отверстия ($\mu = 0,65 \dots 0,70$); p_2 – давление перед форсункой, МПа ($p_2 = (0,5 \dots 0,6) \cdot 10^5$ Па).

Определение подачи насосов и потребляемой ими мощности.

Расход щелочного раствора на шприцевание и обливание бутылок $W_{щ.р.}$, $\text{м}^3/\text{с}$,

$$W_{щ.р.} = \mu \cdot \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot n_1 \cdot \sqrt{2p_1/\rho} + \mu \cdot \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot n_2 \cdot \sqrt{2p_2/\rho} = 0,7 \cdot \frac{\pi \cdot 0,0096^2}{4} \cdot 140 \cdot \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 10^5/1000} + 0,7 \cdot \frac{\pi \cdot 0,000596^2}{4} \cdot 40 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,6 \cdot 10^5/1000} = 0,174 \text{ м}^3/\text{с.}$$

где μ – коэффициент расхода жидкости при истечении ее из отверстия ($\mu = 0,7$); d_1 – диаметр отверстий в шприцевальных трубках, мм; d_2 – диаметр отверстий в опрыскивающих трубках, мм; n_1 и n_2 – общее количество отверстий соответ-

ственно в шприцевальных и опрыскивающих трубках, шт.; p_1 и p_2 – давление моющего раствора соответственно в шприцевальных и опрыскивающих трубках, Па.

Мощность, потребляемая насосом N_1 , кВт, перекачивающим щелочной раствор, составит

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot W_{щ.р} \cdot P}{\eta_H \cdot \eta_{дв}} = \frac{10^{-4} \cdot 0,174 \cdot 3 \cdot 10^5}{0,5 \cdot 0,85} = 12,3 \text{ кВт},$$

где P – давление щелочного раствора, Па ($P = (2...3) \cdot 10^5$ Па); η_H – КПД насоса ($\eta_H = 0,5$); $\eta_{дв}$ – КПД двигателя ($\eta_{дв} = 0,85$).

Расход воды на шприцевание и обливание бутылок W_B , м³/с, определяем по формуле

$$W_B = \mu \cdot \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot n'_1 \cdot \sqrt{2p_1 / \rho} + \mu \cdot \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot n'_2 \cdot \sqrt{2p_2 / \rho} = 0,7 \cdot \frac{\pi \cdot 0,0096^2}{4} \cdot 212 \cdot \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 10^5 / 1000} + 0,7 \cdot \frac{\pi \cdot 0,000596^2}{4} \cdot 116 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,6 \cdot 10^5 / 1000} = 0,263 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Мощность, потребляемая насосом N_2 , кВт, перекачивающим воду:

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot W_B \cdot P}{\eta_H \cdot \eta_{дв}} = \frac{10^{-4} \cdot 0,263 \cdot 0,6 \cdot 10^5}{0,5 \cdot 0,85} = 3,7 \text{ кВт}.$$

Определение расхода пара.

Расчет произведем по методу теплового баланса:

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7,$$

где Q_1 – приход теплоты с бутылками, кДж.

$$Q_1 = G_B \cdot c_{сТ} \cdot t_{НБ} = 2910 \cdot 0,84 \cdot 5 = 12222 \text{ кДж}.$$

$$G_B = 6000 \cdot 0,485 = 2910 \text{ кг}.$$

Q_2 – приход теплоты с холодной водой, кДж.

$$Q_2 = W_1 \cdot c_B \cdot t_{НБ} = 946,8 \cdot 4,2 \cdot 8 = 31812,5 \text{ кДж}.$$

Q_3 – приход теплоты с греющим паром, кДж,

$$Q_3 = D \cdot i = 102,8 \cdot 2724 = 280027,2 \text{ кДж}.$$

Q_4 – расход теплоты с уходящими бутылками, кДж,

$$Q_4 = G_B \cdot c_{сТ} \cdot t_{КБ} = 2910 \cdot 0,84 \cdot 37 = 90442,8 \text{ кДж}.$$

Q_5 – расход теплоты с отработанной водой, сливаемой в канализацию, кДж

$$Q_5 = W_2 \cdot c_B \cdot t_{св} = 946,8 \cdot 4,2 \cdot 35 = 139179,6 \text{ кДж}.$$

Q_6 – расход теплоты с конденсатом пара, кДж,

$$Q_6 = D \cdot \theta = 102,8 \cdot 557,3 = 57290,4 \text{ кДж.}$$

Q_7 – потери теплоты в окружающую среду, кДж, принимаются 20% к расходу теплоты

$$Q_7 = 0,2 \sum_{i=1}^3 Q_i = 0,2(12222 + 31812,5 + 280027) = 64812,3 \text{ кДж.}$$

Произведем проверку

$$12222 + 31812,5 + 280027 \approx 90442,8 + 139179,6 + 57290,4 + 64812,3,$$

$$324061,5 \text{ кДж} \approx 351725,1 \text{ кДж.}$$

Погрешность расчета:

$$\Delta = \frac{|324061,5 - 351725,1|}{351725,1} \cdot 100\% = 7,9\%,$$

где G_B – масса бутылок, поступающих в машину, кг/ч; $c_{СТ} = 0,84$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость стекла; $c_B = 4,2$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды; W – расход холодной воды, кг/ч (при установившемся режиме работы равен расходу отработанной воды, в расчете принимается $W_B = W_1 = W_2$); D – расход пара, кг/ч; $i = 2724$ кДж/кг – энтальпия греющего пара; $\theta = 557,3$ кДж/кг – энтальпия конденсата; $m_B = 0,485$ кг – масса одной бутылки вместимостью $0,5$ дм³; $t_{НБ} = 5$ °С – начальная температура грязных бутылок; $t_{НВ} = 8$ °С – температура холодной воды; $t_{КВ} = 35$ °С – температура отработавшей воды; $t_{КБ} = 37$ °С – температура чистых бутылок.

Тогда расход пара D , кг/ч, можно определить по формуле

$$D = 1,2 \frac{G_B \cdot c_{СТ} \cdot (t_{КБ} - t_{НБ}) + W \cdot c_B \cdot (t_{КВ} - t_{НВ})}{i - \theta} =$$
$$= 1,2 \frac{2910 \cdot 0,84 \cdot (37 - 5) + 946,8 \cdot 4,2 \cdot (35 - 8)}{2724 - 557,3} = 102,8 \text{ кг/ч.}$$

Однако такой расход пара будет только при установившемся режиме работы машины. Здесь не учтен расход пара на нагревание моющих жидкостей перед пуском машины.

Учитывая малую массовую долю щелочных растворов, будем считать их теплоемкость такой же, как и для воды.

Расчет трубчатого подогревателя раствора в первой ванне.

Расход теплоты на нагревание раствора в первой ванне

$$Q_8 = W_{щ.р.} \cdot c_B \cdot (t_{К.р.} - t_{Н.р.}) = 626,4 \cdot 4,2 \cdot (65 - 20) = 118389,6 \text{ кДж,}$$

где c_B – удельная теплоемкость воды ($c_B = 4,2$ кДж/(кг·К)); $t_{К.р.}, t_{Н.р.}$ – соответственно конечная и начальная температура щелочного раствора, °С ($t_{К.р.} = 65$ °С; $t_{Н.р.} = 20$ °С).

Средняя разность температур Δt_{CP} , °C,

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_K - \Delta t_M}{2,3 \cdot \lg(\Delta t_B / \Delta t_M)} = \frac{113 - 68}{2,3 \cdot \lg(113 / 68)} = 88,7^\circ \text{C}.$$

$$\Delta t_B = t_n - t_{H.P.} = 133 - 20 = 113^\circ \text{C}, \quad \Delta t_M = t_n - t_{K.P.} = 133 - 65 = 68^\circ \text{C},$$

где t_n – температура греющего пара ($t_n = 133^\circ \text{C}$).

Площадь поверхности теплопередачи F , м²,

$$F = \frac{Q_1}{k \cdot \tau \cdot \Delta t_{CP}} = \frac{118389,6}{10 \cdot 1770 \cdot 88,7} = 0,075 \text{ м}^2,$$

где τ – время нагревания, с; $k = 10$ кВт/(м²·К) – коэффициент теплопередачи между трубами подогревателя и раствором в первой ванне.

Найдем полную длину труб

$$L_{TP} = \frac{F}{\pi \cdot d_H} = \frac{0,075}{3,14 \cdot 0,06} = 0,4 \text{ м},$$

где d_H – наружный диаметр труб подогревателя, м ($d_H = 0,06$ м).

Полная длина одной трубы равна

$$l = \frac{L_{TP}}{n_3} = \frac{0,4}{10} = 0,04 \text{ м},$$

где n_3 – число труб в подогревателе, шт. (в расчете принимается $n_3 = 10$ шт.).

Порядок оформления отчета

Отчет о практической работе включает в себя:

- цель работы;
- теоретическую часть, в которой излагается классификация бутылкомоечных машин, основы теории мойки, устройство и принцип работы бутылкомоечной машины, марка которой указана в исходных данных (таблица 1);
- расчетную часть, в которой приводится расчет бутылкомоечной машины по предлагаемому варианту (таблица 1).

Контрольные вопросы

1. Какие моющие средства используются для мойки тары?
2. Назовите основные технологические операции процесса мойки стеклотары?
3. Приведите уравнение теплового баланса для установившегося режима мойки бутылок?
4. Что такое термический бой стеклотары?
5. Каковы предельно допустимые температуры нагревания и охлаждения бутылок?
6. Каков характер движения транспортера бутылконосителей?
7. Каковы основные направления совершенствования конструкций бутылкомоечных машин?

Таблица 1 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	$a, м$	$b, м$	$P_T, \text{бут./ч}$	$T_T, с$	$n_1, \text{шт.}$	$n_2, \text{шт.}$	$n'_1, \text{шт.}$	$n'_2, \text{шт.}$	$\tau, с$	Марка
1	0,085	0,255	12000	560	144	48	246	120	1800	T1-OM2-D-12
2	0,080	0,25	12000	540	140	44	212	116	1770	AM2E-3M
3	0,075	0,245	12000	520	136	40	208	112	1740	T1-AME-6
4	0,090	0,26	12000	580	132	36	204	108	1710	B6-BMG-3
5	0,095	0,265	12000	600	148	52	200	104	1830	BMA-3
6	0,085	0,255	6000	620	152	56	220	124	1860	B6-OMD-24
7	0,08	0,25	6000	640	156	60	224	128	1890	B6-OMГ-1,5
8	0,075	0,245	6000	560	160	48	228	132	1920	AMM-6
9	0,09	0,26	6000	540	144	44	216	120	1800	B6-OMD-3
10	0,095	0,265	6000	520	140	40	212	116	1770	T1-OMD-6
11	0,085	0,255	9000	580	136	36	208	112	1740	T1-OM2-D-12
12	0,08	0,25	9000	600	132	52	204	108	1710	AM2E-3M
13	0,075	0,245	9000	620	148	56	200	104	4830	T1-AME-6
14	0,09	0,26	9000	640	152	60	220	124	1860	B6-BMG-3
15	0,095	0,265	9000	560	156	48	224	128	1890	BMA-3
16	0,085	0,255	15000	540	160	44	228	132	1920	B6-OMD-24
17	0,08	0,25	15000	520	144	40	246	120	1800	B6-BMG-1,5
18	0,075	0,245	15000	580	140	36	212	116	1770	AMM-6
19	0,09	0,26	15000	600	136	52	208	112	1740	B6-OMD-3
20	0,095	0,265	15000	620	132	56	204	108	1710	T1-OMD-6
21	0,085	0,255	18000	640	148	60	200	104	1830	T1-OM2-D-12
22	0,08	0,25	18000	560	152	48	220	124	1860	AM2E-3M
23	0,075	0,245	18000	540	156	44	224	128	1890	T1-AME-6
24	0,09	0,26	18000	520	160	40	228	132	1920	B3-BFP/3
25	0,095	0,265	18000	580	140	36	246	124	1830	BMA-3

Рекомендуемые источники

1. Астапин, Н.М. Бутылкомоечные машины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 224 с.
2. Остриков, А.Н. Практикум по курсу «Технологическое оборудование»: / А.Н. Остриков М.Г. Парфенопуло, А.А. Шевцов; Воронежский гос. технол. академия. – Воронеж, 1999. – 424 с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАСЧЕТ БУТЫЛКОМОЕЧНОЙ МАШИНЫ. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	3
РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	6
ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА.....	12
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	12
ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ.....	13
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ.....	14

Учебное издание



* 1 0 0 2 2 4 1 6 *

Составитель:
Добряник Юрий Алексеевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практической работы по курсу
«Расчет и конструирование машин и аппаратов
пищевых производств»

для студентов специальности
1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»

Ответственный за выпуск: Добряник Ю.А.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 19.01.2016 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 0,93. Уч. изд. л. 1,0. Заказ № 35. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.