

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Программа, методические указания
и контрольные задания для студентов
5 курса заочного отделения специальности 260601
«Машины и аппараты пищевых производств»



Тамбов
◆ Издательство ТГТУ ◆
2006

УДК 653.512+591.133.1
ББК Л81я73-5
Х121

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент кафедры
"Техника и технологии машиностроительных производств"
Тамбовского государственного технического университета
З.А. Михалева

X121 Проектирование пищевых производств : программа, метод. указания и задания / Сост. Е.В. Хабарова.
– Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 16 с. – 100 экз.

Даны программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальности 260601 "Машины и аппараты пищевых производств" заочной формы обучения.

УДК 653.512+591.133.1

ББК Л81я73-5

© ГОУ ВПО Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ), 2006

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Программа, методические указания и контрольные задания

Составитель

ХАБАРОВА Елена Владимировна

Редактор В.Н. Митрофанова

Компьютерное макетирование М.А. Филатовой

Подписано в печать 15.09.2006

Формат 60 × 84 / 16. Бумага газетная. Гарнитура Times New Roman.

0,86 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Заказ № 480

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета,

392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Современные пищевые предприятия должны отличаться наиболее прогрессивными технологическими процессами, комплексной механизацией и автоматизацией производства, погрузочно-разгрузочных и складских работ, улучшением условий труда, высоким качеством готовых изделий, расширением их ассортимента и снижением себестоимости продукции.

"Проектирование пищевых предприятий" – дисциплина, дающая представление о порядке разработки и согласования проектной документации, формирующая навыки проектирования промышленных объектов. В рамках данной дисциплины студенты осваивают методы разработки технологической схемы проектируемого производства, расчета и выбора технологического оборудования, разработки компоновки оборудования.

Для изучения курса программой предусмотрено в 10 семестре 10 часов лекций, 8 часов практических занятий, выполнение одной контрольной работы и отчетность в виде зачета.

Тема 1

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

1 Порядок разработки и согласования проектной документации. Основные понятия. Принципы и методика проектирования. Обоснование инвестиций.

2 Разработка задания на проектирование. Выбор площадки строительства. Содержание и порядок разработки задания на проектирование. Внешняя и внутренняя информация, учитываемая при проектировании.

3 Эскизная технологическая схема. Исходные данные и их анализ. Определение мощности производства. Выбор способа производства. Схема материальных и энергетических потоков. Техничко-экономические показатели производства.

Тема 2

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

1 Двухстадийное проектирование. Проект. Содержание работ на стадии проекта и состав проекта. Технологические, строительные решения, сметная документация.

2 Двухстадийное проектирование. Рабочая документация. Исходные данные и состав рабочей документации.

3 Одностадийное проектирование. Рабочий проект. Состав и содержание документации рабочего проекта. Общая пояснительная записка. Организация строительства. Сметная документация.

Тема 3

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

1 Принципиальная технологическая схема. Состав исходных данных для разработки принципиальной технологической схемы. Порядок разработки и требования к технологической схеме.

2 Разработка и выбор оборудования. Выбор стандартного оборудования. Разработка нестандартного оборудования.

3 Порядок разработки и требования к технологической схеме.

Тема 4

КОМПОНОВКА ПРОИЗВОДСТВА

1 Компоновка производства. Варианты компоновки производства. Помещения, включаемые в состав производства.

2 Требования к размещению оборудования. Компоновочные чертежи.

Тема 5

МОНТАЖНАЯ ПРОРАБОТКА ПРОЕКТА

1 Исходные данные и содержание работ на стадии монтажной проработки проекта.

2 Классификация магистральных трубопроводов. Правила трассировки технологических магистралей. Монтажные чертежи.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Что такое – проект предприятия? Что входит в проект предприятия? Последовательность разработки проекта предприятия.

2 Во сколько стадий может осуществляться проектирование. Что такое типовой проект? Когда применяется одностадийное проектирование?

- 3 Какие факторы учитываются при выборе площадки строительства пищевого предприятия? Охарактеризуйте влияние каждого фактора и приведите примеры.
- 4 Кто и как готовит задание на проектирование? Какие данные содержит задание на проектирование?
- 5 Как определяется мощность нового предприятия?
- 6 Что включает в себя анализ исходных данных?
- 7 Дайте определение технологической схемы производства. Какие процессы относятся к основным и какие к вспомогательным?
- 8 Перечислите основные этапы разработки технологической схемы.
- 9 Как можно предварительно оценить себестоимость продукции? Перечислите основные слагаемые части себестоимости продукции? Как влияет увеличение объема производства на себестоимость продукции?
- 10 Какую документацию передает заказчик проектной организации перед разработкой проекта нового производства?
- 11 Какие проблемы решаются на стадии разработки проекта, при двухстадийном проектировании?
- 12 Что содержит пояснительная записка проекта?
- 13 Назовите основные части технологических решений?
- 14 Что содержит строительная часть проекта?
- 15 В чем разница между поверочными и проектными расчетами?
- 16 **Что является основой для выбора технологического оборудования?**
- 17 **Что является основой при разработке принципиальной технологической схемы? Опишите основные приемы разработки принципиальной технологической схемы. В качестве примера изобразите фрагмент принципиальной технологической схемы.**
- 18 Что включает в себя описание технологической схемы?
- 19 Что такое компоновка производства? Что является основой для компоновки? Перечислите виды компоновки и укажите в каких случаях они применяются.
- 20 Опишите основные стадии компоновки оборудования.
- 21 По какому принципу группируется оборудование?
- 22 Какие требования необходимо выполнять при компоновке оборудования?
- 23 Какие специалисты принимают участие в разработке проекта? Кому из них принадлежит ведущая роль и почему?
- 24 В каком составе разрабатывается рабочая документация? Какие задачи решаются при подготовке рабочей документации?
- 25 В чем заключается монтажная проработка? Перечислите основные требования, которые необходимо выполнять при трассировке трубопроводов.
- 26 Что такое монтажные чертежи? Что является основой для их выполнения?
- 27 Из каких разделов состоит рабочий проект?
- 28 Каков состав сметной документации при двухстадийном проектировании?
- 29 Каков состав сметной документации при одностадийном проектировании?
- 30 **Опишите порядок расчета стандартного оборудования. Приведите в качестве примера порядок расчета теплообменника.**
- 31 **Опишите порядок расчета нестандартного оборудования. Приведите в качестве примера порядок расчета теплообменника.**

Контрольная работа

Цель контрольной работы – развитие у студентов навыка в самостоятельном решении практических задач по проектированию пищевых производств.

Контрольная работа состоит из двух теоретических вопросов и трех задач.

Вариант контрольной работы выдает преподаватель.

В соответствии с вариантом по табл. 1 определяются номера теоретических вопросов из списка контрольных вопросов.

Исходные данные для задач № 1, № 2 определяются по табл. 2 и 3 соответственно, а годовая мощность производства рассчитывается в соответствии с формулой, приведенной в условиях задачи.

Таблица 1

| № варианта | № вопросов |
|------------|------------|
| 1 | 1, 21 |
| 2 | 2, 22 |
| 3 | 3, 23 |
| 4 | 4, 24 |
| 5 | 5, 25 |
| 6 | 6, 26 |
| 7 | 7, 27 |
| 8 | 8, 28 |
| 9 | 9, 29 |

| | |
|----|--------|
| 10 | 10, 30 |
| 11 | 11, 31 |
| 12 | 12, 32 |
| 13 | 1, 13 |
| 14 | 2, 14 |
| 15 | 3, 15 |
| 16 | 16, 28 |
| 17 | 17, 27 |
| 18 | 18, 26 |
| 19 | 19, 21 |
| 20 | 20, 32 |

Задача 1. Определить суточную мощность проектируемого хлебозавода для города с населением N тыс. человек, если проектирование производится с учетом перспективы на 10 лет. Принять коэффициент использования мощности проектируемого предприятия 0,7, ежегодный естественный прирост населения 0,6 %, среднегодовую норму потребления хлебобулочных изделий на душу населения 90 кг. Суммарный ввоз хлебобулочных изделий из других населенных пунктов B т/сутки. Планируемый вывоз хлебобулочных изделий K т/сутки.

Исходные данные по вариантам приведены в табл. 2.

2 Исходные данные для задачи 1

| № варианта | Численность населения N , тыс. человек | Суммарный ввоз B т/сутки | Планируемый вывоз K т/сутки |
|------------|--|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 503,4 | 0,5 | 1,1 |
| 2 | 405,6 | 0,3 | 1 |
| 3 | 360,3 | 0,1 | 1,2 |
| 4 | 707,8 | 0,15 | 1,8 |
| 5 | 250,6 | 0,1 | 0,5 |
| 6 | 605,4 | 0,6 | 1,1 |
| 7 | 366,2 | 0,25 | 0,9 |
| 8 | 521,4 | 0,8 | 1,6 |
| 9 | 807,6 | 1,0 | 2 |
| 10 | 905,3 | 1,5 | 2,2 |
| 11 | 1000,2 | 2,2 | 3 |
| 12 | 510,1 | 1,7 | 2 |
| 13 | 420,4 | 0,9 | 1,5 |
| 14 | 320,3 | 0,5 | 1 |
| 15 | 660,3 | 0,7 | 1,4 |
| 16 | 276,4 | 0,1 | 0,5 |
| 17 | 325,7 | 0,16 | 0,6 |
| 18 | 481,5 | 0,24 | 0,8 |
| 19 | 715,6 | 0,76 | 1,3 |
| 20 | 954,2 | 1,1 | 3 |

Методические указания

Мощность нового предприятия определяется необходимой потребностью общества не менее чем на пять лет вперед с возможностью расширения производства. Для определения мощности используют балансовый и статистический методы. Балансовый метод исходит из конечных показателей развития региона на планируемый период.

В общем виде суточная производительность проектируемого предприятия может быть определена по формуле

$$Q = \frac{(k_n N n - \Pi - B + K_2)}{z k_m},$$

где k_n – поправочный коэффициент к нормам потребления (0,8...1,1 в зависимости от района); N – расчетная численность населения к моменту ввода предприятия в действие; n – среднегодовая норма потребления продукции на душу населения для данного района; Π – производственная мощность действующих предприятий такого же профиля в данном районе; B – ожидаемый ввоз продукции; K – намечаемый вывоз продукции; z – число рабочих дней в году; k_m – коэффициент использования мощности проектируемого предприятия.

Задача 2. Кондитерская фабрика производственной мощностью Q тыс. т в год выпускает следующий ассортимент продукции: конфеты (50 % от общего объема производства), мармеладно-пастильные изделия (20 %), сахарные (10 %) и мучнистые (20 %) восточные сладости.

Определить среднюю норму технической производительности Π кг/ч линии по производству продукции A и B при пятидневной рабочей неделе и средней продолжительности смены 7,8 часа. Для продукции A предусматривается 2-х сменная работа, для продукции B 3-х сменная работа. Число рабочих дней в году – 250.

Исходные данные по вариантам приведены в табл. 3.

3 Исходные данные для задачи 2

| № варианта | Производственная мощность M , тыс.т в год | Продукция A | Продукция B |
|------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 3 | конфеты | мучнистые восточные сладости |
| 2 | 5 | мармеладно-пастильные изделия | конфеты |
| 3 | 7 | сахарные восточные сладости | мармеладно-пастильные изделия |
| 4 | 9 | мучнистые восточные сладости | сахарные восточные сладости |
| 5 | 11 | конфеты | мучнистые восточные сладости |
| 6 | 12 | мармеладно-пастильные изделия | конфеты |
| 7 | 14 | сахарные восточные сладости | конфеты |

Продолжение табл. 3

| № варианта | Производственная мощность M , тыс.т в год | Продукция A | Продукция B |
|------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| 8 | 15 | мучнистые восточные сладости | мармеладно-пастильные изделия |
| 9 | 16 | конфеты | сахарные восточные сладости |
| 10 | 17 | мармеладно-пастильные изделия | мучнистые восточные сладости |
| 11 | | сахарные восточные сладости | мармеладно-пастильные изделия |
| 12 | 18 | мучнистые восточные сладости | конфеты |
| 13 | 19 | конфеты | мармеладно-пастильные изделия |
| 14 | 20 | мармеладно-пастильные изделия | сахарные восточные сладости |
| 15 | 21 | сахарные восточные сладости | мучнистые восточные сладости |
| 16 | 22 | мучнистые восточные сладости | конфеты |
| 17 | 23 | конфеты | мармеладно-пастильные изделия |
| 18 | 24 | мармеладно-пастильные изделия | сахарные восточные сладости |
| 19 | 25 | сахарные восточные сладости | мучнистые восточные сладости |
| 20 | 26 | мучнистые восточные сладости | конфеты |
| 21 | 27 | конфеты | мармеладно-пастильные изделия |
| 22 | 28 | мармеладно-пастильные изделия | сахарные восточные сладости |
| 23 | 29 | сахарные восточные сладости | мучнистые восточные сладости |
| 24 | 30 | мучнистые восточные сладости | сахарные восточные сладости |

Методические указания

Производственная мощность кондитерского предприятия в целом и отдельных его производств (цехов) определяется по всему ассортименту продукции, предусматриваемому в проекте. Единицей мощности является 1 тыс. т в год кондитерских изделий. Расчет ведется по каждому виду производства, независимо от размещения этих производств по цехам. Производственная мощность предприятия в целом является суммой мощностей отдельных производств.

Годовая производственная мощность Π_r , т линии (агрегата) определяется по формуле

$$\Pi_r = \Pi_n \tau D K_n / 1000,$$

где Π_n – средняя (с учетом ассортимента) норма технической производительности линии, кг/ч; τ – время работы (в сутки) согласно установленному режиму сменности за вычетом регламентированного времени, равного в среднем 30 мин, ч; D – число рабочих дней в году; K_n – поправочный коэффициент для расчета годовой мощности, учитывающий снижение производительности основного технологического оборудования в летнее время (равен 0,95...0,98 – в зависимости от экономического района).

Задача 3. Составить и рассчитать материальный и тепловой балансы по стадиям производства настойки "Рябина на коньяке". Годовая мощность производства Q м³. Эффективный фонд времени работы оборудования $T_{\text{эфф}} = 253,5$ сут. Самой продолжительной стадией при производстве настойки является стадия приготовления морса (экстрагирования), которая длится 10 сут.

Годовую мощность производства в зависимости от номера варианта N определить по формуле $Q = N \cdot 100$ м³.

Расчет материальных и тепловых балансов по стадиям производства

Эффективный фонд времени работы оборудования $T_{\text{эфф}} = 253,5$ сут. Самой продолжительной стадией при производстве настойки является стадия экстрагирования, которая длится 10 сут. За эффективный фонд времени работы оборудования (экстракторов) можно приготовить настойку $253,5/10 \approx 25$ раз. Годовая мощность производства Q м³, следовательно за один цикл должно готовиться $G_r = Q/25 = \text{м}^3$ настойки.

Материальный баланс

Исходные данные:

Эскизная технологическая схема (рис. 1). Количество готовой настойки "Рябина на коньяке" – G_r , м³.

Розлив. Потери при розливе составляют – 0,7 %.

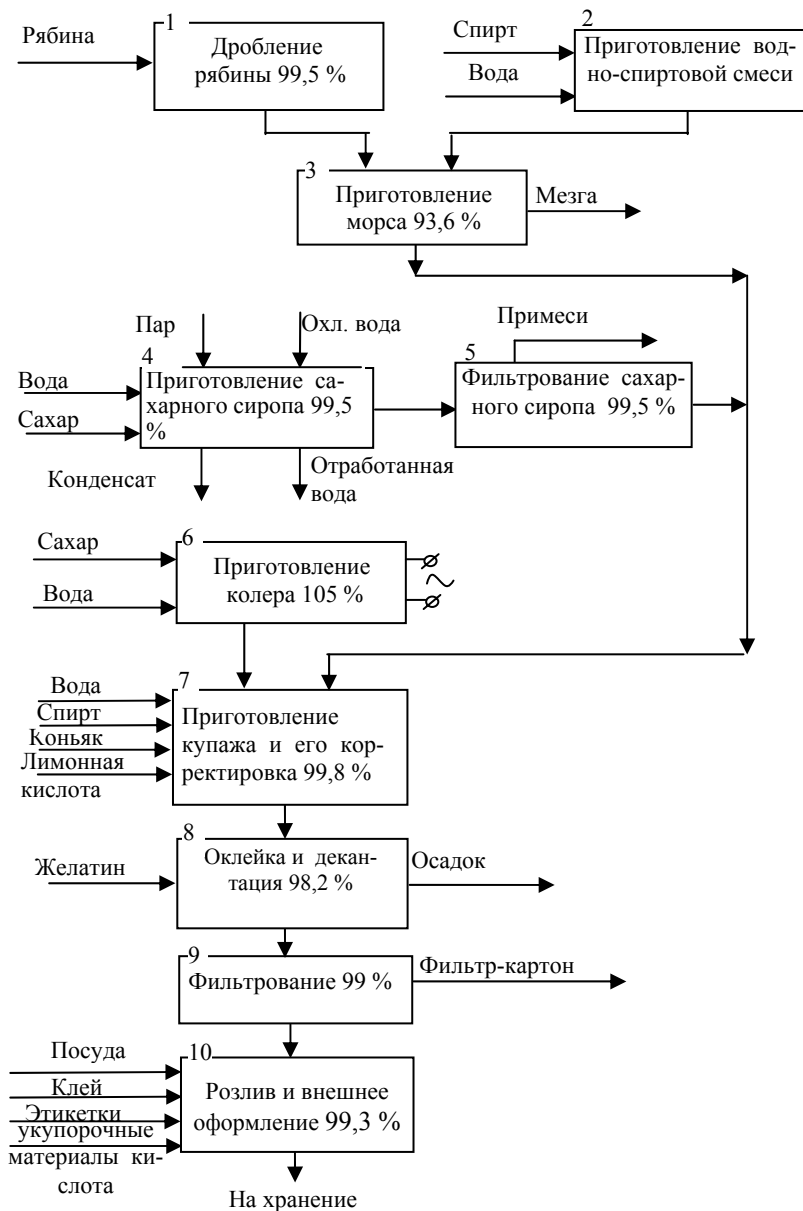


Рис. 1 Эскизная технологическая схема производства настойки "Рябина на коньяке"
 Количество настойки поступающей на розлив с учетом потерь

$$G_{отф} = G_r(1 + 0,7/100).$$

Фильтрация. Потери при фильтровании – 1 %.

Количество купажа поступившего на стадию фильтрования

$$G_{до ф} = G_{отф} (1 + 1/100).$$

Оклейка и декантация. На этой стадии потери составляют – 1,8 %.

Количество купажа поступившего на стадию отстаивания

$$G_k = G_{до ф} (1 + 1,8/100).$$

Приготовление купажа. При купажировании потери – 0,2 %.

Количество поступающего на купаж сырья с учетом этих потерь

$$G_{к.с} = G_k (1 + 0,2/100).$$

Определение количества компонентов для получения $G_{к.с}$ купажа, если для получения 1 м³ купажа требуется: рябина сушеная $G_{ряб}$ – 47,7 кг; коньяк крепостью 40...42 % об., – 0,018 м³; сахар $G_{сах}$ – 154,9 кг; колер $G_{колера}$ – 4,7 кг; лимонная кислота – 3,075 кг.

Дробление рябины. Потери – 0,5 %.

$$\text{Общее количество рябины } G_{ряб.общ} = G_{ряб} (1 + 0,5/100).$$

Приготовление водно-спиртовой смеси. Потери на этой стадии учитываются в потерях при получении морса.

Приготовление морса. Потери по безводному спирту составляют – 6,4 %.

При получении морса из плодово-ягодного сырья методом двукратного настаивания, на 1 кг рябины требуется 0,003 м³ водно-спиртовой смеси крепостью 50 % об., т.е. соотношение 1:3 для первого залива. Второй залив крепостью 45 % об. – 70 % к количеству водно-спиртовой смеси предназначенной для первого залива. Морс первого слива составляет 70 % к залитой первый раз водно-спиртовой смеси. Морс второго слива – 120 % к залитой второй раз водно-спиртовой смеси.

Требуемое количество водно-спиртовой смеси для залива $G_{ряб.общ}$, кг рябины $(G_{ряб.общ} \cdot 0,003)/1 = G$ м³.

Первый залив $G_{ряб.общ}$ кг рябины заливается G м³ водно-спиртовой смеси (50 % об.) или $G \cdot 0,5 = G_1$ м³ безводного спирта.

Второй залив $G \cdot 0,7 = G_2$ м³ водно-спиртовой смеси (45 % об.) или $G_2 \cdot 0,45 = G_3$ м³ безводного спирта.

Первый слив $G \cdot 0,7 = G_2$ м³ морса, в котором $G_2 \cdot 0,5 = G_4$ м³ безводного спирта.

Второй слив (общая крепость водно-спиртовой смеси 45 % об.). $G_2 \cdot 1,2 = G_3$ м³ морса, в котором безводного спирта содержится $G_3 \cdot 0,45 = G_5$ м³.

Общее количество морса первого и второго сливов: $G_m = G_2 + G_3$.

Вычтя потери по безводному спирту, получим количество морса подаваемого на купажирование

$$G_{м.куп} = G_m (1 + 6,4/100).$$

Приготовление и фильтрование сахарного сиропа (теряется 1 % сахара). В одном литре сахарного сиропа с массовой долей 65,8 % (масс.) содержится 0,8693 кг сахара [2]. Вода вносится из расчета 0,5 л на 1 кг сахара [2]. Из этих соотношений получаем, что в 0,001 м³ сахарного сиропа содержится 0,8693 кг сахара и 0,00043465 м³ воды.

Уравнение материального баланса для сироповарочного аппарата

$$G_k = G_b + G_c + W_b,$$

где G_k – количество сахарного сиропа, кг; G_b – количество воды, залитой в аппарат, кг; G_c – количество сахара, кг; W_b – количество испаренной влаги, кг.

Количество выпаренной при кипении влаги

$$W_B = G_H (1 - B_H/B_K),$$

где B_H и B_K – начальная и конечная концентрация сахарного сиропа, %.

На *купажирование* должно поступить $G_{сах}$ кг сахара в качестве $G_{сах.сир}$ м³ сахарного сиропа. Это количество сахара с учетом потерь составляет $G_{сах.общ} = G_{сах} (1 + 1/100)$ кг из которого можно приготовить $G_{сах.общ}/869,3 = G_{сах.сир}$ м³ сахарного сиропа для приготовления которого потребуется $G_B = (G_{сах.общ} \cdot 0,43465)/869,3$, м³ воды.

Количество воды вносимой в аппарат с учетом 5 %-ных потерь на испарение составит

$$G_{в.общ} = G_B (1 + 5/100), \text{ м}^3.$$

Учитывая, что при варке сахарного сиропа теряется 0,5 %, то на стадию фильтрования должно поступить: $G_{ф} = G_{сах.сир} (1 + 0,5/100)$.

Приготовление колера. Выход колера относительной плотностью 1350 кг/м³ (при $t = 20$ °С) составляет 105 – 108 % (по массе) взятого сахара [2].

Количество сахара для приготовления колера: $G_{сах.к} = (G_{колера} \cdot 100)/105$.

Общее количество сахара с учетом потерь в размере 1,2 %

$$G_{сах.к общ} = G_{сах.к} (1 + 1,2/100), \text{ кг}.$$

Количество воды, добавляемое в карамелизованную массу (в соотношении 1:1) примерно 50 % по массе сахара

$$W = G_{сах.к общ} \cdot 0,5 \text{ кг}.$$

Кроме морса, сахарного сиропа и колера в купаж добавляют спирт, воду, коньяк и лимонную кислоту.

Требуемое количество спирта в купаже: $G_{сп} = N_{сп} \cdot G_{к.с}$, где $N_{сп} = 0,255$ – норма расхода спирта; $G_{к.с}$ – количество купажа, м³.

Поскольку норма расхода спирта приводится для готового продукта, то из требуемого количества спирта входящего в состав купажа, необходимо вычесть спирт содержащийся в морсе и коньяке.

В коньяке крепостью 41 % об. содержится $G_6 = G_к \cdot 0,41$ м³ безводного спирта. Тогда количество спирта для купажа

$$G_{сп.куп} = G_{сп} - G_6 - G_5 - G_4, \text{ м}^3.$$

Для расчета количества воды входящей в купаж воспользуемся формулой

$$G_{воды} = G_{к.с} - (G_{сах.сир} + G_{колера} + G_{л.к} + G_{кон} + G_{сп.куп} + G_{м.куп}),$$

где все слагаемые – объемы купажа, сахарного сиропа; колера (при плотности 1350 кг/м³), лимонной кислоты (при плотности 1542 кг/м³), коньяка, спирта для купажа, подаваемого на купажирование морса, соответственно.

Тепловой баланс

Приготовление сахарного сиропа

Исходные данные:

Из материального баланса: количество сахара, $G_{сах.общ}$, кг; общее количество воды в котле, $G_{в.общ}$, кг; количество выпариваемой воды, W_B , кг (5 % от общего количества воды); количество воды в сахарном сиропе, G_B , кг.

Технологические, физико-химические и др. параметры: конечная концентрация сахарного сиропа, $B_K = 65,8$ %; начальная температура воды, $t_B = 14$ °С; температура сахара, $t_c = 20$ °С; температура сахарного сиропа, $t_{сир} = 105$ °С; теплоемкость воды, $c_B = 4,19$ кДж/(кг·К); теплоемкость аппарата, $c_a = 0,522$ кДж/(кг·К); температура конденсата, $t_{конд} = 99,1$ °С; энтальпия греющего пара [13], $i_{гр.п} = 2730$ кДж/кг, ($P = 0,3$ МПа); энтальпия вторичного пара [13], $i_{вт.п} = 2687$ кДж/кг, ($t = 105$ °С), масса сироповарочного аппарата 100 кг.

Уравнение теплового баланса сироповарочного аппарата

$$G_c c_c t_c + G_{в.общ} c_B t_B + G_a c_a t_H + D i_{гр.п} = (G_c + G_B) c_{сир} t_{сир} + W_B i_{вт.п} + G_a c_a (t_K - t_H) + D c_B t_{конд} + Q_{п},$$

где $Q_{п}$ – потери тепла аппаратом в окружающую среду, кДж,

$$Q_{п} = 5 \% Q_{апп} = 0,05 \cdot (G_a \cdot c_a (t_K - t_H)).$$

Удельная теплоемкость сахара, кДж/(кг·К)

$$c_c = 1,1618 + 0,00356 \cdot t_c.$$

Удельная теплоемкость сахарного сиропа, кДж/(кг·К):

$$c_{сир} = c_B - [(2,512 - 0,0075 \cdot t_{сир}) \cdot B_K.$$

Расход пара (кг) на варку сиропа

$$D = (G_c \cdot (c_{сир} t_{сир} - c_c t_c) + G_B (c_{сир} t_{сир} - c_B t_B) + W_B (i_{вт.п} - c_{сир} t_{сир}) + G_a c_a (t_K - t_H) + Q_{п}) / (i_{гр.п} - c_B t_{конд}), \text{ кг}.$$

Для проверки правильности вычисления расхода пара, подставим эту величину в уравнение теплового баланса

$$\varepsilon = (|\Delta Q| / Q) \cdot 100 \% < 5 \%.$$

Охлаждение сахарного сиропа

Горячий сироп охлаждают до 15...20 °С ($t_{\text{сир.к}} = 20$ °С). Начальная температура охлаждаемого сиропа равна 105 °С ($t_{\text{сир.н}} = 105$ °С). Температура охлаждающей воды: начальная $t_{\text{н}} = 10$ °С; конечная $t_{\text{к}} = 20$ °С;

С учетом потерь холода в размере 5 % расход теплоты

$$Q = 1,05 \cdot G_{\text{сир.ф}} \cdot c_{\text{сир}} \cdot (t_{\text{сир.н}} - t_{\text{сир.к}}),$$

где $G_{\text{сир.ф}}$ – количество сиропа поступающее на фильтрование, кг.

Расход охлаждающей воды

$$G_{\text{охл.воды}} = Q / (c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})),$$

Варка колера

Расход теплоты на одну варку колера

$$Q = G_{\text{сах.к}} c_{\text{сах}} (t_{\text{кар}} - t_{\text{сах.нач}}) + W c_{\text{в}} (t_{\text{кип.в}} - t_{\text{в.нач}}) + G_{\text{сах.к}} r_{\text{п}} + W r,$$

где $G_{\text{сах.к}}$ – количество сахара загружаемого в котел, кг; $c_{\text{сах}}$, $c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость сахара и воды, кДж/(кг·К); $t_{\text{кар}} = 200$ °С – температура карамелизации сахара; $t_{\text{сах.нач}} = 20$ °С – начальная температура сахара; $t_{\text{кип.в}} = 99,1$ °С – температура кипения воды в котле; $t_{\text{в.нач}} = 20$ °С – начальная температура воды; $r_{\text{п}} = 36,84$ кДж/кг – теплота плавления сахарозы, [14]; W – количество воды добавляемой в котел, кг; $r = 2259,2$ кДж/кг – скрытая теплота испарения воды.

Для приготовления колера в котел загружают сахар и добавляют 1...2 % воды от массы сахара.

Мощность, потребляемая колероварочным котлом определяется по формуле

$$P = (Q/3600) \cdot k \text{ кВт}$$

где k – коэффициент запаса, учитывающий изменения напряжения тока в сети и форсированный режим работы котла (обычно $k = 1,1 \dots 1,15$).

Охлаждение колера происходит при температуре окружающей среды.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Олейникова, А.Я. Проектирование кондитерских предприятий : учебник / А.Я. Олейникова, Г.О. Магомедов. – 2-е изд., расшир. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 416 с.
2. Мартыненко, Я.Ф. Проектирование мукомольных и крупяных заводов с основами САПР / Я.Ф. Мартыненко, О.Н. Чеботарев. – М. : Агропромиздат, 1992. – 240 с.
3. Проектирование предприятий мясной отрасли с основами САПР / Л.В. Антипова, Н.М. Ильина, Г.П. Казюлин и др. – М. : Колос, 2003. – 320 с.
4. Дворецкий, С.И. Основы проектирования химических производств / С.И. Дворецкий, Г.С. Кормильцин, Е.М. Королькова. – Тамбов : ТГТУ, 1999. – 183 с.
5. Беркман, Б.Е. Основы технологического проектирования производств органического синтеза / Б.Е. Беркман. – М. : Химия, 1970. – 1530 с.
6. Гринберг, Я.И. Проектирование химических производств / Я.И. Гринберг. – М. : Химия, 1970. – 269 с.
7. Основы проектирования химических предприятий и элементы систем автоматизированного проектирования / С.П. Рудобашта, Г.С. Кормильцин, А.А. Лапин, Э.Л. Тудоровский. – М. : МИХМ, 1985. – 80 с.
8. Гребенюк, С.М. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств / С.М. Гребенюк, И.М. Михеева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 304 с.
9. Дворецкий, С.И. Автоматизированное проектирование технологических установок и производств : методические указания к выполнению курсовой работы / С.И. Дворецкий. – Тамбов: ТГТУ, 1996. – 29 с.