

# **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;  $\Pi$  – 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  $\Pi$  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  $\Pi_r$ , т линии (агрегата) определяется по формуле

$$\Pi_r = \Pi_{\text{ч}} \tau D K_{\text{п}} / 1000,$$

где  $\Pi_{\text{ч}}$  – средняя (с учетом ассортимента) норма технической производительности линии, кг/ч;  $\tau$  – время работы (в сутки) согласно установленному режиму сменности за вычетом регламентированного времени, равного в среднем 30 мин, ч;  $D$  – число рабочих дней в году;  $K_{\text{п}}$  – 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  $Q$  м<sup>3</sup>. 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  $Q = N \cdot 100$  м<sup>3</sup>.

### Расчет материальных и тепловых балансов по стадиям производства

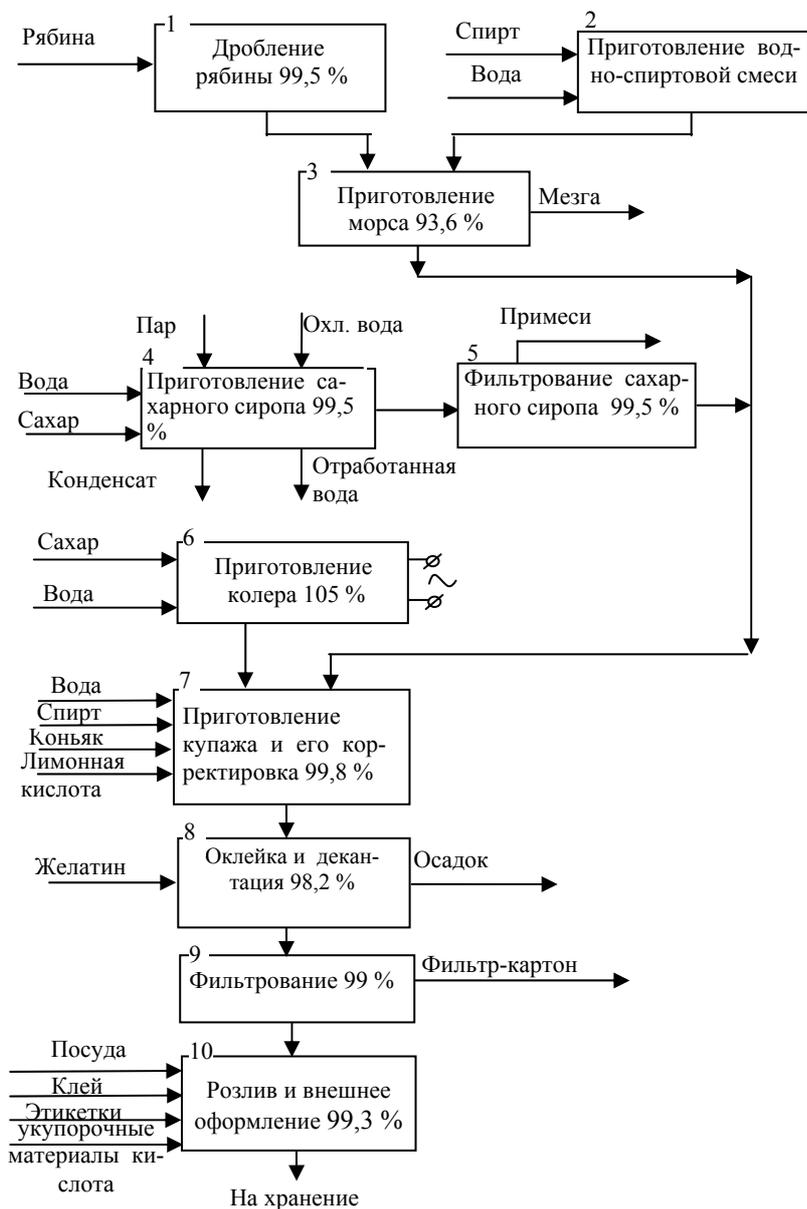
Эффективный фонд времени работы оборудования  $T_{\text{эфф}} = 253,5$  сут. Самой продолжительной стадией при производстве настойки является стадия экстрагирования, которая длится 10 сут. За эффективный фонд времени работы оборудования (экстракторов) можно приготовить настойку  $253,5/10 \approx 25$  раз. Годовая мощность производства  $Q$  м<sup>3</sup>, 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" –  $G_r$ , м<sup>3</sup>.

*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 м<sup>3</sup> купажа требуется: рябина сушеная  $G_{ряб}$  – 47,7 кг; коньяк крепостью 40...42 % об., – 0,018 м<sup>3</sup>; 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 м<sup>3</sup> 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  $(G_{ряб.общ} \cdot 0,003)/1 = G$  м<sup>3</sup>.

Первый залив  $G_{ряб.общ}$  кг рябины заливается  $G$  м<sup>3</sup> водно-спиртовой смеси (50 % об.) или  $G \cdot 0,5 = G_1$  м<sup>3</sup> безводного спирта.

Второй залив  $G \cdot 0,7 = G_2$  м<sup>3</sup> водно-спиртовой смеси (45 % об.) или  $G_2 \cdot 0,45 = G_3$  м<sup>3</sup> безводного спирта.

**Первый слив  $G \cdot 0,7 = G_2$  м<sup>3</sup> морса, в котором  $G_2 \cdot 0,5 = G_4$  м<sup>3</sup> безводного спирта.**

**Второй слив (общая крепость водно-спиртовой смеси 45 % об.).  $G_2 \cdot 1,2 = G_3$  м<sup>3</sup> морса, в котором безводного спирта содержится  $G_3 \cdot 0,45 = G_5$  м<sup>3</sup>.**

**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 м<sup>3</sup> сахарного сиропа содержится 0,8693 кг сахара и 0,00043465 м<sup>3</sup> 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  $G_{сах,сир}$  м<sup>3</sup> сахарного сиропа. Это количество сахара с учетом потерь составляет  $G_{сах,общ} = G_{сах} (1 + 1/100)$  кг из которого можно приготовить  $G_{сах,общ}/869,3 = G_{сах,сир}$  м<sup>3</sup> сахарного сиропа для приготовления которого потребуется  $G_B = (G_{сах,общ} \cdot 0,43465)/869,3$ , м<sup>3</sup> 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/м<sup>3</sup> (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, м<sup>3</sup>.

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  $G_6 = G_к \cdot 0,41$  м<sup>3</sup> 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/м<sup>3</sup>), лимонной кислоты (при плотности 1542 кг/м<sup>3</sup>), 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 колеровочным 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.