

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**М. Н. Альшевская, М. Э. Мошарова**

## **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям  
для студентов, обучающихся на бакалавриате  
по направлению подготовки  
19.03.03 Продукты питания животного происхождения,  
профиль «Технологии пищевых производств»

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2025

УДК 664.95

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания  
ФГБОУ ВО «КГТУ» О. Н. Анохина

Альшевская, М. Н.

Научные основы технологических процессов: учеб.-методич. пособие по практическим занятиям для студ. бакалавриата по напр. подгот. 19.03.03 Продукты питания животного происхождения, профиль «Технологии пищевых производств» / М. Н. Альшевская, М. Э. Мошарова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 119 с.

В пособии представлено руководство по проведению практических занятий по научным основам технологических процессов для студентов, обучающихся по направлению подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения.

Рис. 7, табл. 65, список лит. – 13 наименований

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям рекомендовано в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 октября 2025 г., протокол № 8

УДК 664.95

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2025 г.  
©Альшевская М. Н., Мошарова М. Э.,  
2025 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ .....	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. Материальные расчёты в производстве продуктов питания животного происхождения: основные понятия и определения .....	7
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №. 2 Материальные расчеты в рыбной промышленности .....	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3. Расчет сырья и готовой продукции в технологии мяса и мясных продуктов .....	26
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №. 4 Основы продуктовых расчетов в молочной промышленности .....	39
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5. Материальные расчеты по нормализации молочного сырья .....	45
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6. Расчет продолжительности охлаждения сырья и продуктов питания .....	50
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №. 7 Расчет продолжительности замораживания сырья и пищевых продуктов .....	62
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8. Расчет продолжительности дефростации сырья и пищевых продуктов .....	71
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9. Расчет технохимических показателей сырья и определение способов рациональной переработки .....	77
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10. Расчетно-аналитические методы в производстве мясной продукции .....	82
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11. Расчет пастеризационного эффекта вареных колбас .....	91
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12. Расчет требуемого количества соли при производстве соленой рыбной продукции .....	99
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13. Технология сушеной, вяленой и копченой рыбы. Расчетные соотношения .....	104
ЛИТЕРАТУРА .....	108
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	115
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	116

## ВВЕДЕНИЕ

Предметом изучения дисциплины «Научные основы технологических процессов» являются физические, химические и биохимические процессы, происходящие в продуктах животного происхождения при их обработке, а также технологические процессы, направленные на получение готовой пищевой продукции высокого качества.

При реализации дисциплины «Научные основы технологических процессов» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для более полного освоения материала практические занятия разделены на две логически и методически взаимосвязанные части. Первый блок посвящён освоению методики материальных расчётов. В ходе занятий студенты учатся составлять материальные балансы отдельных операций и всего технологического цикла в целом. Это включает определение расхода сырья, выхода готовой продукции, а также учёта потерь на различных этапах производства. Умение выполнять такие расчёты является базовым для анализа и рациональной организации любого технологического процесса. Второй блок нацелен на освоение технологических расчётов, позволяющих объективно оценить как качество сырья, так и правильность ведения процесса переработки.

В результате освоения материала практических занятий обучающийся должен:

**уметь:**

- пользоваться справочной и специализированной литературой для получения необходимой информации о конкретных технологиях;
- применять методики материальных расчетов производства продуктов питания животного происхождения;

**владеть:**

- методами математического моделирования технологических процессов производства продуктов питания из сырья животного происхождения в целях оптимизации производства;
- методикой расчета материальных затрат при производстве пищевой продукции из сырья животного происхождения.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены задания и контрольные вопросы по практическим занятиям.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков средством «практическое занятие» предусматривает двухбалльную шкалу – «зачтено» и «не зачтено». Оценка «не зачтено» выставляется, если студент не выполнил и не «защитил» предусмотренные рабочей программой дисциплины практические занятия.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов практических умений и навыков в области научных основ технологии продуктов питания животного происхождения, основных технологических приемов обработки, направленных на получение готовой продукции и процессов, влияющих на ее качественные характеристики.

Тематический план практических занятий (ПЗ) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

<b>№ ПЗ</b>	<b>Содержание практического занятия</b>	<b>Количество, ч</b>
1	Материальные расчёты в производстве продуктов питания животного происхождения: основные понятия и определения	1
2	Материальные расчеты в рыбной промышленности	5
3	Расчет сырья и готовой продукции в технологии мяса и мясных продуктов	2
4	Основы продуктовых расчетов в молочной промышленности	2
5	Материальные расчеты по нормализации молочного сырья	2
6	Расчет продолжительности охлаждения сырья и продуктов питания	4
7	Расчет продолжительности замораживания сырья и пищевых продуктов	2
8	Расчет продолжительности дефростации сырья и пищевых продуктов	2
9	Расчет теххимических показателей сырья и определение способов рациональной переработки	2
10	Расчетно-аналитические методы в производстве мясной продукции	4
11	Расчет пастеризационного эффекта вареных колбас	2
12	Соль	2
13	Технология сушеной, вяленой и копченой рыбы. Расчетные соотношения	2
Итого по дисциплине		32

Со структурой и последовательностью занятий студент знакомится на первом занятии. Обучающиеся также знакомятся с основными требованиями преподавателя по выполнению учебного плана, с графиком прохождения практических занятий и основными формами отчетности по выполненным работам.

По каждому практическому занятию оформляется отчет, на основании которого проводится защита работы (цель – оценка уровня освоения учебного

материала). Результаты защиты учитываются при промежуточной аттестации по дисциплине.

При подготовке к практическому занятию обучающийся предварительно должен повторить теоретические знания, полученные на лекции по данной теме, а также самостоятельно изучить специальную литературу, рекомендованную преподавателем.

При оформлении практического занятия в тетради обучающийся должен обязательно указать номер и тему занятия, её цель. Далее необходимо оформить ход практического занятия, оставив место для расчётных данных. В конце практического занятия обучающийся должен подвести итоги работы и сделать выводы.

Оценка «зачтено» по практическому занятию студенту выставляется при правильном решении практических задач по теме занятия, оформлении отчета, в который включены ответы на вопросы для самостоятельного обучения и его защите.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

# **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 (1 ч)**

## **МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Цель:** получение знаний в области терминологии, классификации сырья и материалов, системы нормативной и технической документации, используемой при проведении материальных расчётов в пищевой промышленности.

### **МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ**

#### *Основные понятия и определения*

Нормирование расхода материальных ресурсов – это установление плановой меры их производственного потребления. Оно включает разработку, утверждение и внедрение установленных норм расхода в производственных условиях.

Основной задачей нормирования является разработка и внедрение научно-обоснованных прогрессивных норм расхода материальных ресурсов в целях наиболее рационального и эффективного их использования в производстве.

*Норма расхода материальных ресурсов* – это максимально допустимое плановое количество сырья и материалов для производства единицы продукции установленного качества с учетом парируемого уровня техники, технологии и организации производства.

*Норматив расхода* – относительный показатель размера технологических отходов и потерь сырья и материалов, характеризующий степень использования в производстве. Нормативы отходов и потерь сырья и материалов в производстве по видам технологических процессов могут быть отраслевыми (заводскими).

*Отраслевые нормативы* – это предельно допустимые показатели для данной отрасли производства, рассчитанные на средние условия производства, с учетом прогрессивных показателей передовых предприятий.

Заводские нормативы разрабатываются при массовом выпуске продукции для конкретных производств применительно к установленной технологии. Они должны отражать более высокий технологический уровень производства и использования сырья по сравнению с отраслевыми нормативами.

Прогрессивными считаются нормы и нормативы, которые:

- обеспечивают экономическую обоснованность плановых расчетов и мобилизующую роль планов в достижении наибольших экономических результатов при наименьших материальных затратах;

- отражают с наибольшей полнотой влияние всего комплекса нормообразующих факторов;
- определяются с учетом широкого внедрения в производство новейших достижений науки, техники и передовой практики;
- подкрепляются конкретными организационно-техническими мероприятиями, обеспечивающими их выполнение;
- систематически пересматриваются с целью приведения в соответствии с запланированными техническими, экономическими и организационными изменениями.

### *Состав норм расхода*

Под составом индивидуальных норм расхода понимается перечень составляющих расхода в норме. Состав отдельных нормообразующих элементов расхода устанавливается в зависимости от назначения сырья, а также технологии их переработки.

На стадии разработки норм расхода первоочередной задачей является оптимизация величин нормируемых потерь и отходов по всей технологической цепочке изготовления продукции.

Под *нормой расхода сырья и материалов* понимается предельно (максимально) допустимое его количество, необходимое для производства единицы продукции, соответствующей требованиям нормативных документов.

*Нормы расхода сырья включают:*

- чистый (полезный) расход сырья, непосредственно входящий в готовую продукцию. Эта величина постоянная на все время действия норм;
- *технологические отходы* – часть сырья, которая не может быть использована в производстве данного вида продукции; они подразделяются на используемые (отходы, которые могут найти применение в производстве других видов продукции) и неиспользуемые (отходы, неиспользуемые для изготовления пищевых продуктов, но употребление которых возможно для корма, удобрений и технических целей)
- *технологические потери* сырья в производстве – безвозвратно утраченная часть сырья, полуфабрикатов, обусловленная данным уровнем техники и технологии потери при размораживании – вытекание тканевого сока, копчении – частичное испарение влаги и т. д.).

*Технологические потери* – величина переменная и зависит от степени технологической оснащенности производства, состояния технологического процесса и оборудования, квалификации работающих, качества перерабатываемого сырья.

В норму расхода сырья при производстве пищевой продукции не включаются:



– отходы и потери, вызванные отступлением от установленных регламентов, рецептур, технологии, а также различного рода неполадками в организации производства и снабжении;

– отходы и потери, вызванные отступлением от требований стандартов и технических условий по качеству;

– потери сверх установленных норм естественной убыли в производстве.

### *Размерность норм расхода*

Размерность норм расхода сырья должна вырабатываться с соблюдением следующих требований:

– размерность нормы в каждом отдельном случае должна наиболее полно и объективно характеризовать сущность и особенности потребления сырья и материалов в производстве конкретной продукции;

– размерность норм расхода сырья и основных материалов должна, как правило, соответствовать единицам учета продукции, принятым при планировании производства.

Нормативы потерь и отходов исчисляются отношением массы их к массе сырья и материалов и выражают в процентах.

### *Методы разработки норма расхода*

Основными методами нормирования расхода сырья и материалов в производстве являются расчетно-аналитический и опытный.

Наиболее прогрессивным считается расчетно-аналитический метод, который позволяет установить технически и экономически обоснованные нормы расхода сырья и материалов по нормообразующим факторам. Этот метод предполагает поэлементный расчет затрат и основывается на прогрессивных научно-обоснованных показателях использования материальных ресурсов в производстве (коэффициенты использования, нормы расхода и выходов продукции и т. д.), нормативов технологических потерь сырья и материалов.

### *Показатели использования сырья*

В пищевой промышленности основным показателем использования сырья является выход продукта (полуфабриката).

Выход продукта выражает отношение количества произведенного продукта (полуфабриката) к количеству фактически израсходованного исходного сырья.

Этот показатель позволяет оценить эффективность использования сырья в производстве, а также применяется для расчетов планов производства продукции из планируемого для переработки сырья.

### *Порядок определения расхода сырья и материалов*

Для определения расхода сырья и материалов на производстве составляются материальные расчеты, которые включают в себя:

- составление *продуктового расчета* (количество сырья или полуфабриката, поступающего на каждую технологическую операцию в определенный промежуток времени (час, смена));
- составление *продуктового баланса*, необходимого для проверки правильности продуктового расчета;
- определение часовой, сменной, месячной, годовой потребности в сырье, материалах.

По предложенной схеме обычно составляются материальные расчеты при производстве пищевых продуктов из водных объектов промысла.

Для проведения материальных расчетов должны быть известны:

- сырье, из которого пищевой продукт производится, его характеристика (наименование, состояние перед направлением в обработку, вид разделки);
- ассортимент готовой продукции.

Исходными данными для материальных расчетов являются:

- нормы расхода сырья и материалов на единицу готовой продукции (ту, бу, ц, т);
- сменная проектная мощность предприятия (цеха, линии);
- календарный план-график работы предприятия (цеха, линии).

### ЗАДАНИЕ

Ознакомьтесь с теоретическим материалом, изучите и законспектируйте основные термины и определения в области материальных расчетов в пищевой промышленности.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Нормирование расхода материальных ресурсов, определение, задачи, содержание.
2. Признаки прогрессивных норм и нормативов материальных ресурсов.
3. Нормы расхода, определение, учитываемые и неучитываемые составляющие.
4. Требования к установлению размерности норм расхода.
5. Основными методами нормирования расхода сырья и материалов, характеристика.
6. Порядок определения расхода сырья и материалов.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 (5 ч)

### МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ В РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Цель:** формирование практических умений и навыков составления материальных расчетов для рыбных продуктов.

#### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Первой частью материальных расчетов является *продуктовый расчет*. Продуктовый расчет начинается с вычисления движения сырья и полуфабрикатов по основным технологическим операциям и ведется в расчете на единицу готовой продукции. В том случае если продукция выпускается по весу (производство охлажденной, замороженной, копченой и т. д. рыбы, мяса, колбасное производство и т. п.) за единицу принимается 100 кг готовой продукции. На консервном производстве за единицу готовой продукции принимается предельно допустимое количество сырья, материалов, необходимое для производства 1000 условных банок (1 тубы) консервов или пресервов определенного ассортимента и стандартного качества. Для рыбного консервного производства учетной банкой принята банка № 8, вмещающая 350 г продукта.

Продуктовый расчет оформляется в виде таблицы 2.1, представленной ниже.

Таблица 2.1 – Образец таблицы продуктового расчета

Технологическая операция	Отходы и потери, % от массы сырья		Движение сырья и полуфабрикатов, кг (масса)					
			на единицу готовой продукции		в час		в смену	
	поступившего на данную операцию	поступившего на производство	поступает	отходы и потери	поступает	отходы и потери	поступает	отходы и потери
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Прием сырья								
и т. д.								

В столбце 1 дается перечень технологических операций на пищевом производстве, для которого составляется продуктовый расчет. В столбцах 2 и 3

указываются нормативные значения отходов и потерь на соответствующих технологических операциях, заносятся исходные данные (масса сырья, поступающего на производство или масса готового продукта). В графах 4, 6, 8 указывается масса сырья поступающего на каждую технологическую операцию, в графах 5, 7, 9 – масса отходов или потерь образующихся при производстве соответственно единицы готовой продукции, за час работы предприятия или в смену. Для заполнения столбцов 6, 7, 8, 9 необходимо знать производительность предприятия по данному виду продукта и режим работы производства (количество смен и продолжительность работы смены).

При заполнении таблицы 2.1 первой технологической операцией для производства пищевых продуктов является прием сырья. Данные о массе сырья, поступающего на производство, приводятся в нормах расхода сырья и материалов в виде коэффициента расхода сырья.

*Коэффициент расхода сырья* (переводной коэффициент) – это показатель выражающий отношение количества израсходованного сырья к количеству готовой продукции. За *коэффициент выхода готовой продукции* (полуфабриката) принимается показатель, выражающий отношение количества готовой продукции (полуфабриката) к количеству израсходованного исходного сырья.

В том случае, если нет возможности воспользоваться справочными данными (при разработке нового ассортимента продукции, изменении рецептуры и т. д.), норма расхода сырья и материалов на единицу готовой продукции определяется по формулам 2.1 (если отходы и потери по технологическим операциям представлены в процентах от массы сырья поступившего на производство) или 2.2 (если отходы и потери представлены в процентах от массы сырья, поступающего на каждую технологическую операцию).

$$T = \frac{S \cdot 100}{100 - X}, \quad (2.1)$$

где  $T$  – норма (масса) расхода сырья, материалов на единицу готовой продукции, кг;  $S$  – рецептурная закладка подготовленного сырья (масса готового продукта), материалов на учетную единицу готовой продукции, кг;  $X$  – суммарные потери сырья, материалов на производстве, %.

$$T = \frac{S \cdot 100^n}{(100 - X_1) \cdot (100 - X_2) \cdot \dots \cdot (100 - X_n)}, \quad (2.2)$$

где  $n$  – количество технологических операций, на которые установлены отходы и потери сырья, материалов, шт.;  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – отходы и потери сырья, материалов соответственно по каждой технологической операции, %.

Правильность продуктового расчета, а также эффективность принятой технологической схемы проверяется составлением *продуктового баланса*, который обычно оформляется также в виде таблицы (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Образец таблицы продуктового баланса

Поступило в производство	кг	%	Вышло из производства	кг	%
Сырье	Масса сырья ( $A_1$ )	% от С	Готовая продукция	Масса готовой продукции ( $B_1$ )	% от С
Материалы (если они влияют на изменение массы полуфабриката в технологическом процессе и учитываются в продуктовом балансе. Например, панирование рыбы перед обжариванием)	Масса материалов ( $A_2$ )	% от С	Отходы по всем технологическим операциям	Масса отходов ( $B_2$ )	% отходов от С
			Потери по всем технологическим операциям	Масса потерь ( $B_3$ )	% потерь от С
Итого	Общая масса $C = A_1 + A_2$	100 %		$C = B_1 + B_2 + B_3$	100 %

При составлении продуктового баланса нужно учитывать, что общая масса сырья и материалов (если они учитываются в продуктовом расчете) поступивших в производство равна сумме масс готовой продукции, отходов и потерь [6].

### Примеры решения задач

#### Пример 1

**Задание:** Отходы и потери при производстве консервов составили: при мойке – 1,5 %; при фасовании – 3,1 %. Норма закладки рыбы на одну учетную банку 310 г. Определить расход сырья на 1000 банок.

#### Решение

Так как отходы и потери указаны в процентах к массе сырья, поступившего на данную операцию, то суммировать их нельзя. Следовательно, в соответствии с формулой (2.2) получим:

$$T = \frac{310 * 100^2 * 1000}{(100 - 1,5)(100 - 3,1)} = 325 \text{ кг}$$

Ответ: расход сырья составит 325 кг.

### Пример 2

**Задание:** Составить материальный расчёт для производства пресервов «Сельдь филе-кусочки в уксусно-масляной заливке». На производство поступает сельдь мороженая неразделанная. Разделка и порционирование машинные.

#### Решение

Начинаем расчет с определения норм отходов и потерь (выписываем из сборника) (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Нормы отходов и потерь, расход сырья на единицу продукции

Ассортимент пресервов, виды рыб, характеристика сырья	Отходы и потери в % к массе рыбы поступившей на данную операцию				В % к массе направленного сырья		Норма закладки рыбы в одну уч. банку, г	Расход на 1000 уч. банок, кг направленного сырья
	Мойка, размораживание	Разделка, зачистка и мойка	Порционирование	Фасование	Всего отходов и потерь	Выход фас. п/ф		
Сельдь филе-кусочки в уксусно-масляной заливке (мороженая неразделанная)	7,0	52,0	1,0	4,0	57,57	42,43	266	626,97

Если не известно количество сырья поступившего на производство, его можно рассчитать по формуле 2.1 или 2.2.

$$T = \frac{266 * 100^4}{(100 - 7,0) * (100 - 52,0) * (100 - 1,0) * (100 - 4,0)} = 626,97 \text{ кг}$$

$$T = \frac{266 * 100}{(100 - 57,57)} = 626,97 \text{ кг}$$

По известным нормам отходов и потерь и количеству поступающего сырья составляет таблицы продуктового расчета и продуктового баланса (таблицы 2.4, 2.5).

Таблица 2.4 – Продуктовый расчёт

Технологические операции	Отходы и потери, %	Движение сырья и п/ф на единицу продукции (туб), кг	
		поступает	отходы и потери
Приём сырья	-	626,97	-
Размораживание и мойка	7,0	626,97	43,88
Разделка, зачистка и мойка	52,0	583,09	303,20
Порционирование	1,0	279,89	2,79
Фасование	4,0	277,10	11,10
Уложено в банки	-	266,00	-

Таблица 2.5 – Продуктовый баланс

Поступило в производство	кг	%	Вышло из производства	кг	%
Сырьё	626,97	100	Готовая продукция	266,00	42,43
			Потери:		
			Размораживание, мойка	43,88	6,99
			Отходы:		
			Разделка, зачистка и мойка	303,20	48,36
			Порционирование	2,79	0,45
			Фасование	11,10	1,77
Итого:	626,97	100		626,97	100

### Пример 3

Для жиров и жиромучных производств продуктовые расчеты производятся **методом материальных балансов** с учетом перераспределения основных компонентов исходного сырья между полуфабрикатами на каждой технологической операции. Методику такого расчета рассмотрим на **примере**.

*Исходные данные:* механизированная линия производства кормовой рыбной муки по прессово-сушильной схеме с использованием подпрессового бульона производительностью 30 т в сутки по сырью.

Для расчета по этому методу необходимо знать химический состав сырья. За исходное сырьё примем отходы сельди следующего химического состава: влага – 70 %, жир – 12 %, белок – 15 %, зола – 3 %.

Расчет ведем на 100 кг сырья. Тогда в любой стадии расчета полуфабрикатов и продукции будем получать не только массу, но и выход в процентах от сырья.

На измельчение и варку поступает 100 кг сырья.

Варка сырья производится острым паром, поэтому масса разваренного сырья увеличится за счет конденсата. Определим расход тепла и пара на варку сырья.

Теплоемкость сырья определяем по формуле 2.3:

$$c_p = \frac{c_v \cdot p_v + c_{ж} \cdot p_{ж} + c_{пв} \cdot p_{пв}}{100} \quad (2.3)$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость сырья, кДж/(кг·К);  $c_v$  – удельная теплоемкость воды ( $c_v=4,19$  кДж/(кг·К));  $p_v$  – содержание воды в сырье, %;  $c_{ж}$  – удельная теплоемкость жира ( $c_{ж}=2,1$  кДж/(кг·К));  $p_{ж}$  – содержание жира в сырье, %;  $c_{пв}$  – удельная теплоемкость плотных веществ ( $c_{пв}=1,45$  кДж/(кг·К));  $p_{пв}$  – содержание плотных веществ, %.

$$c_p = \frac{4,19 \cdot 70 + 2,1 \cdot 12 + 1,45 \cdot 18}{100} = 3,5 \text{ кДж/(кг·К)}$$

Расход тепла на варку сырья составит (2.4):

$$Q = M \cdot c_p \cdot (t_k - t_n) \quad (2.4)$$

где  $Q$  – расход тепла, кДж;  $M$  – масса сырья, кг;  $c_p$  – удельная теплоемкость сырья, кДж/(кг·К);  $t_k$  и  $t_n$  – конечная и начальная температура, К.

$$Q = 100 \cdot 3,5 \cdot (368 - 288) = 28000 \text{ кДж}$$

При давлении острого пара 147,1 кПа расход его (количество конденсата) составит (2.5):

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{28000}{2297} = 12,2 \text{ кг} \quad (2.5)$$

где  $r=2297$  кДж/кг – удельная теплота конденсата пара.

Выход полуфабриката после варки:  $100+12,2=112,2$  кг.

Весовой и химический состав полуфабриката представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Весовой и химический состав полуфабриката

Компоненты	Количество, кг	Химический состав, %
Влага	70+12,2=82,2	73,2
Жир	12,0	10,7
Плотные вещества	18,0	16,1
Итого	112,2	100

Химический состав рассчитывается в % от общей массы компонентов. Например, содержание влаги:

$$\begin{array}{l} 82,2 \text{ кг} - x \% \\ 112,2 \text{ кг} - 100 \% \end{array} \quad x = \frac{82,2 \cdot 100}{112,2} = 73,3 \%$$



Для определения выхода жома при прессовании разваренной массы исходим из следующих данных: влажность жома 45 %, содержание жира в жоме 5 %, переход растворимых плотных веществ в бульон 12 % от их содержания в сырье. На основании принятых показателей составляем уравнение выхода жома:

$$X = 0,45X + 0,05X + (18 - 18 \cdot 0,12)$$

Откуда:

$$X = \frac{15,84}{0,5} = 31,7 \text{ кг}$$

По разности находим выход подпрессового бульона:  $112,2 - 31,7 = 80,5$  кг.

Весовой и химический состав жома и подпрессового бульона представлены в таблицах 2.7, 2.8.

Таблица 2.7 – Весовой и химический состав жома

Компоненты	Количество, кг	Химический состав, %
Влага	$0,45 \cdot 31,7 = 14,27$	45,0
Жир	$0,05 \cdot 31,7 = 1,59$	5,0
Плотные вещества	$18 - 18 \cdot 0,12 = 15,84$	50,0
Итого	31,7	100

Таблица 2.8 – Весовой и химический состав подпрессового бульона

Компоненты	Количество, кг	Химический состав, %
Влага	$82,2 - 14,27 = 67,93$	84,4
Жир	$12 - 1,59 = 10,41$	12,9
Плотные вещества	$18 \cdot 0,12 = 2,16$	2,7
Итого	80,5	100

После осветления бульона и присоединении выделенных из него взвешенных частиц плотных веществ к жому бульон подвергается сепарированию для выделения жира. Для определения выхода жира находим количество воды в бульоне, содержащей плотные растворимые вещества:  $67,93 + 2,16 = 70,09$  кг.

Потери жира с водой составляют 1 % и равны:  $70,09 \cdot 0,01 = 0,7$  кг.

Выход технического жира:  $10,41 - 0,7 = 9,71$  кг.

Обезжиренный бульон упаривается на многокорпусной вакуумной установке с целью получения концентрата и добавления его к жому. Концентрация сухих веществ в упаренном бульоне принята равной 50 %.

Выход упаренного бульона составит:

$$\frac{(0,7 + 2,16) \cdot 100}{50} = 5,7 \text{ кг}$$

В котором содержится влаги:  $5,7 - (2,16 + 0,7) = 2,84$  кг.

После добавления концентрата к жому химический и массовый состав последнего изменится (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Весовой и химический состав жома с добавлением концентрата подпрессового бульона

Компоненты	Количество, кг	Химический состав, %
Влага	$14,27+2,84=17,11$	45,8
Жир	$1,59+0,7=2,29$	6,1
Плотные вещества	$15,84+2,16=18,0$	48,1
Итого	37,4	100

При высушивании жома до стандартной влажности муки 12 % принимаем потери плотных веществ 3 % от их содержания в жоме.

Составим уравнение выхода сушеного жома:

$$Y = 0,12Y + 2,29 + (18 - 18 \cdot 0,03)$$

Откуда:

$$Y = \frac{19,75}{0,88} = 22,44 \text{ кг}$$

Потери плотных веществ составят:  $18 \cdot 0,03 = 0,54$  кг.

Химический состав муки определяем, разделяя плотные вещества на белок и минеральные соли (зола), чтобы иметь возможность судить о соответствии показателей муки требованиям стандарта.

Соотношение белка и солей находим по их относительному содержанию в сырье:

$$\frac{\text{белок}}{\text{плотные вещества}} = \frac{15}{18} = 0,833 \text{ кг}$$

Массовый и химический состав муки представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Весовой и химический состав кормовой муки

Компоненты	Количество, кг	Химический состав, %
Влага	$22,44 \cdot 0,12 = 2,69$	12,0
Жир	2,29	10,2
Белок	$(18-0,54) \cdot 0,833 = 14,54$	64,8
Минеральные соли	$(18-0,54) \cdot (1-0,833) = 2,92$	13,0
Итого	22,44	100

По данным продуктового расчета составляем материальные балансы сырья и содержащихся в нем ценных веществ – белка и жира (таблицы 2.11–2.13).

Таблица 2.11 – Баланс сырья

Сырье	кг	%	Продукция, потери	кг	%
Отходы рыбные	100	100	Мука кормовая	22,44	22,44
			Жир технический	9,71	9,71
			Итого готовой продукции	32,15	32,15
			Потери	67,85	67,85
Баланс	100	100		100	100

Таблица 2.12 – Белковый баланс

Сырье	кг	%	Выход и потери	кг	%
Белок в сырье	15,0	100	Белок в муке	14,54	96,9
			Потери белка при сушке	0,46	3,1
Баланс	15,0	100		15,0	100

Таблица 2.13 – Баланс жира

Сырье	кг	%	Выход и потери	кг	%
Жир в сырье	12,0	100	Жир в муке	2,29	19,1
			Технический жир	9,71	80,9
Баланс	12,0	100		12,0	100

Определяем выход полуфабрикатов по процессам, отходы и потери, с учетом производительности 30 т в сутки. Расчет оформляем в форме таблицы 2.14.

Таблица 2.14 – Выход полуфабрикатов, отходы и потери по процессам.

Наименование	На 100 кг сырья в кг	В час в кг	В сутки в кг
Поступает сырья на переработку	100	1250	30000
Выход разваренной массы	112,2	1402,5	33660
Выход жома	31,7	396,25	9510
Выход подпрессового бульона	80,5	1068,75	25650
Выход жира	9,71	121,38	2913
Выход обезжиренного бульона	70,79	884,88	21237
Выход упаренного бульона	5,7	71,25	1710
Выпарено влаги	65,09	813,63	19527
Поступает на сушку жома	37,4	467,5	11220
Потери плотных веществ при сушке	0,54	6,75	162
Выпарено влаги при сушке	14,42	180,25	4326
Выход сушеной муки	22,4	280,5	6732

### ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с общими сведениями о материальных расчетах. Изучите примеры решения задач в области составления материальных расчетов.

2. Решите задачи:

2.1. Отходы и потери (в % к массе рыбы) составили: при мойке 0,5 %, при разделке 27 %, при фасовке 2 %. Норма закладки рыбы в одну учетную банку 255 г. Определить расход сырья при производстве 15 000 банок пресервов.

2.2. Рассчитать количество сырья, необходимого для производства скумбрии обезглавленной слабосоленой, используя нормы отходов и потерь, представленные в таблице 2.15. Составить продуктовый расчет. Проверить правильность составления продуктового расчета продуктовым балансом.

Таблица 2.15 – Нормы отходов и потерь, расход сырья на единицу продукции при производстве скумбрии обезглавленной слабосоленой

Ассортимент пресервов, виды рыб, характеристика сырья	Отходы и потери в % к массе рыбы поступившей на данную операцию				В % к массе направленного сырья		Расход на единицу гот. продукции направленного сырья
	Мойка, размораживание	Разделка, зачистка и мойка	Посол	Уборка	Всего отходов и потерь	Выход гот. продукции	
Скумбрия обезглавленная слабосоленая (мороженая неразделанная)	2,0	28,5	7,0	4,0	37,6	62,4	1,603

2.3 В соответствии с заданием преподавателя проведите материальные-расчеты производства весовой продукции из ВБР. (задача 1.3, 1.4). Варианты заданий с исходными данными представлены в таблицах 2.16, 2.17. Составьте продуктовый расчет, баланс производства производительностью п.

Нормы отходов и потерь для решения задач представлены <https://eios.klgtu.ru/mod/url/view.php?id=42187>

Таблица 2.16 – Варианты задания 2.3

№	Производство	Сырье	Вид разделки в готовой продукции/характеристика направленного сырья	Производительность
1	Продукция горячего копчения	Мойва жирная	Неразделанная /мороженое	1 т/сут
2		Окунь морской, крупный, потрошенный с головой	Неразделанный /мороженое	2 т/сут
3		Окунь морской, мелкий неразделанный	Неразделанный /мороженое	0,5 т/сут

№	Производ-ство	Сырье	Вид разделки в готовой продукции/характеристика направленного сырья	Производи-тельность
4		Сельдь атлантическая жирная неразделанная	Неразделанная/мороженое	0,4 т/сут
5		Ставрида океаническая обезглавленная	Обезглавленная/мороженое	0,5 т/сут
6	Холод-ного копчения	Мойва жирная	Неразделанный /мороженое	0,3 т/сут
7		Сардинелла спинка	Спинка /мороженое, неразделанное	0,2 т/сут
8		Сельдь атлантическая жирная полупотрошенная	Полупотрошенная /неразделанный соленый полуфабрикат	0,5 т/сут
9		Сельдь атлантическая полупотрошенная	Полупотрошенная /неразделанный соленый полуфабрикат	1 т/сут
10		Скумбрия атлантическая обезглавленная	Обезглавленная/неразделанная, мороженое	0,5 т/сут
11		Скумбрия атлантическая потрошенная, обезглавленная	Потрошенная, обезглавленная /неразделанная, мороженое	0,2 т/сут
12		Сардинелла обезглавленная	Обезглавленная /мороженая, неразделанное	1 т/сут
13	Моро-женной рыбы	Окунь морской	Потрошенный с головой	18 т/сут
14		Палтус	Филе с кожей	20 т/сут
15		Сардинелла	Тушка спецразделки (машинная)	10 т/сут
16		Тунец	Потрошенный обезглавленный	23 т/сут
17			Кусок, спецразделки, блоками	8 т/сут
18			Филе без кожи	5 т/сут
19			Кусок, спецразделки, блоками	23 т/сут

Таблица 2.17 – Варианты задания 2.3

№	Производство	Сырье	Вид разделки в готовой продукции/характеристика направленного сырья	Производи-тельность
1	Слабосоленой продукции (полуфабриката – п/ф) из	Скумбрия атлантическая	Потрошенная с головой	8 т/сут
2		Сардина (п/ф)	Обезглавленная/рыба-сырец	2 т/сут
3		Сельдь	Неразделанная / мороженое	10 т/сут

№	Производство	Сырье	Вид разделки в готовой продукции/характеристика направленного сырья	Производительность
4	мороженой рыбы, рыбы-сырца	атлантическая жирная	Тушка/ мороженое	8 т/сут
5		Сельдь	Неразделанная /мороженое	8 т/сут
6		атлантическая	Кусочки/ мороженое	3 т/сут
7	Производство пряной, маринованной продукции	Мойва жирная	Неразделанная/ мороженое	4 т/сут
8			Обезглавленная, рыба-сырец	3 т/сут
9	Продукции горячего копчения	Мойва жирная	Неразделанная /мороженое	1 т/сут
10		Окунь морской, крупный, потрошенный с головой	Неразделанный /мороженое	2 т/сут
11		Окунь морской, мелкий неразделанный	Неразделанный /мороженое	0,5 т/сут
12	Холодное копчение	Мойва жирная	Неразделанный /мороженое	0,3 т/сут
13	Холодное копчение	Сардинелла	Спинка /мороженое, неразделанное	0,2 т/сут
14		Сельдь атлантическая жирная	Полупотрошенная /неразделанный соленый полуфабрикат	0,5 т/сут
15		Сельдь атлантическая	Полупотрошенная /неразделанный соленый полуфабрикат	1 т/сут
16		Сельдь атлантическая жирная	Полупотрошенная /неразделанный соленый полуфабрикат	0,7 т/сут
17	Мороженой морепродуктов	Кальмар	Тушка/мороженое	4 т/сут
18		Крабы	Тушка/мороженое	8 т/сут
19		Мидии	Тушка/мороженое	3 т/сут

2.4. В соответствии с заданием преподавателя проведите материальные-расчеты производства консервов и пресервов из ВБР. (задача 1.3, 1.4). Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 2.18. Составьте продуктовый расчет, баланс производства производительностью п.

Нормы отходов и потерь для решения задач представлены <https://eios.klgtu.ru/mod/url/view.php?id=42187>

Таблица 2.18 – Варианты задания 2.4

№	Произ- водство	Сырье	Вид разделки в готовой про- дукции/характеристика направленного сырья	Произ- води- тельность
1	Произ- водство консер- вов	«Ледяная рыба блан- шированная в масле»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка, машинное порционирование	2 туб/сут
2			/мороженое, неразделанное, ручная разделка, ручное пор- ционирование	5 туб/сут
3		«Сардинелла бланшированная в масле»	/сырец, машинная разделка, машинноепорционирование	8 туб/сут
4			/сырец, ручная разделка, ручноепорционирование	7 туб/сут
5		«Камбала обжаренная в масле»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка, ручное пор- ционирование	10 туб/сут
6			/мороженое, потрошеное с головой, ручная разделка, ручное порционирование	6 т/сут
7		«Сардина атлантиче- ская обжаренная в масле»	/мороженое, неразделанное, машинная разделка, машин- ное порционирование	2 туб/сут
8			/мороженое, обезглавленное, машинная разделка, машин- ное порционирование	5 туб/сут
9		«Сельдь обжаренная в масле»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка, ручное пор- ционирование	8 туб/сут
10		«Сардина атлантиче- ская обжаренная в масле»	/мороженое, неразделанное, машинная разделка, машин- ное порционирование	6 туб/сут
11			/мороженое, обезглавленное, машинная разделка, машин- ное порционирование	2 туб/сут
12	Произ- водство пресер- вов	«Сардина атлантиче- ская тушка в различ- ных соусах»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка	1 туб/сут
13		«Сардина атлантиче- ская филе-кусочки в различных соусах»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка, ручное пор- ционирование	2 туб/сут
14		«Сардина атлантиче- ская филе в различных соусах»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка	3 туб/сут
15		«Сельдь тушка в раз- личных соусах и за- ливках»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка	1 туб/сут

№	Произ-водство	Сырье	Вид разделки в готовой про-дукции/характеристика направленного сырья	Произ-води-тельность
16		«Сельдь филе-кусочки в различных соусах и заливках»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка, ручное порционирование	0,5 туб/сут
17	Произ-водство пресер-вов	«Сельдь филе в различных соусах и заливках»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка	0,8 туб/сут
18		«Сельдь тушка в различных соусах и заливках»	/мороженое, неразделанное, ручная разделка	3 туб/сут
19			/мороженое, неразделанное, машинная разделка	5 туб/сут

2.5. Проведите продуктовый расчет при производстве кормовой рыбной муки по прессово-сушильной схеме с использованием подпрессового бульона в соответствии с вариантом задания. Исходные данные представлены в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Варианты задания 2.5

№	Химический состав сырья, %				Химический состав жомы, %		Пе-реход ПВ в буль-он, %	Потери жира при се-париро-вании, %	Влаж-ность муки, %	По-тери ПВ при суш-ке, %	Про-изво-ди-тель-ность, т/сут
	вла-га	жир	бе-лок	зола	влаж-ность	жир					
2	72	10	16	2	46	4	10	1,5	12	3	25
3	74	8	17	1	44	3	11	1,8	13	3,5	25
4	71	11	16	2	47	4,5	10	1,0	11	2,8	25
5	73	9	16	2	45	3,5	12	2,0	14	4,0	25
6	69	13	14	4	50	6	8	1,5	10	3,0	25
7	75	7	17	1	43	2,5	13	1,0	12	2,5	25
8	72	10	15	3	46	4	10	1,5	12	3	25
9	70	10	17	3	49	5	9	1,3	13	3,2	25
10	74	10	15	1	44	3	11	1,7	11	2,7	25
11	71	9	18	2	47	4	10	1,5	12	3	25
12	73	12	14	1	45	3,5	12	1,8	10	3,5	25
13	68	14	15	3	51	6,5	7	2,0	9	4,0	25
14	76	6	17	1	42	2	14	0,8	14	2,0	25
15	72	10	16	2	46	4	10	1,5	12	3	30
<p><i>Технологические параметры процесса:</i>  Варка сырья проводится острым паром под давлением 147,1 кПа.  Удельная теплота конденсации пара <math>r=2297 \text{ кДж/кг}</math>.  Начальная и конечная температура сырья: 283K (10 °C) и 368K (95 °C) соответствен-но.</p>											



Расчет необходимо выполнить методом материальных балансов на основе переработки 100 кг сырья, определить выход продукции, потерь и полуфабрикатов в натуральном выражении и в процентах от массы сырья.

Обезжиренный бульон упаривается на вакуумной установке до содержания сухих веществ 50 %.

Соотношение белка и минеральных солей (зола) в готовой муке сохраняется таким же, как в исходном сырье.

*Требуется рассчитать:*

- Удельную теплоемкость сырья.
- Количество тепла, затраченного на варку 100 кг сырья.
- Массу острого пара, сконденсированного при варке (принять, что весь пар конденсируется и переходит в продукт).
- Выход разваренной массы и ее химический состав (в кг и %).
- Выход жома и подпрессового бульона после прессования (в кг).
- Массовый и химический состав жома и подпрессового бульона.
- Количество выделенного технического жира.
- Выход упаренного бульона (концентрата) и количество выпаренной влаги при упаривании.
- Массовый и химический состав жома после добавления концентрата.
- Выход сушеной кормовой муки и потери плотных веществ при сушке.
- Химический состав готовой кормовой муки (включая распределение плотных веществ на белок и золу).
- Составить материальные балансы:  
Общий баланс сырья (в кг и %)  
Белковый баланс  
Баланс жира
- Рассчитать все показатели на часовую и суточную производительность, оформив результаты в виде таблицы 2.14.

3. Оформите отчет.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Порядок выполнения продуктового расчета.
2. Коэффициенты расхода сырья и выхода готовой продукции.
3. Цель продуктового баланса.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 (2 ч)

### РАСЧЕТ СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

**Цель:** формирование умений и навыков расчета сырья и готовой продукции в технологии мяса и мясных продуктов.

#### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Бесперебойная, четко налаженная работа предприятия напрямую зависит от вовремя закупленного качественного сырья и вспомогательных материалов, необходимых для производства пищевых продуктов. Для определения расхода сырья и материалов на производстве составляют материальные расчеты.

Сырьевые расчеты для отдельных производств предприятий мясной промышленности несколько различны. Их условно разделяют на несколько групп:

- сырьевой расчет цеха убоя скота и разделки туши;
- сырьевой расчет цехов мясожирового производства;
- сырьевой расчет мясоперерабатывающих производств: колбасного и консервного.

Исходными данными для продуктовых расчетов различных отделений колбасного и кулинарного цехов, отдельных цехов колбасного завода или завода полуфабрикатов являются:

- сырье для производства;
- сменная производительность колбасного и кулинарного цехов;
- число работающих смен в сутки;
- рецептура того ассортимента, который внедряется в производство (представляется в виде таблицы).

Под нормой расхода сырья и материалов понимается предельно (максимально) допустимое количество его, необходимое для производства единицы продукции, соответствующей требованиям нормативных документов.

Расчет основного и вспомогательного сырья ведут отдельно для каждого вида колбасных изделий, исходя из рецептуры, выхода готовой продукции.

К основному сырью относят мясо всех видов скота и птицы, белковые компоненты, крахмал, муку, шпик, субпродукты и т. д.

Из вспомогательных материалов в рецептурах используют перец, мускатный орех, кардамон, тмин, сахар-песок, чеснок, кориандр, функциональные пищевые добавки зарубежных и отечественных фирм.

*Общую массу основного жилованного сырья  $A_0$ , кг / смену, рассчитывают по формуле 3.1:*

$$A_0 = \frac{B \cdot 100}{C} \quad (3.1)$$

где  $B$  – количество готовых изделий вырабатываемых в смену, кг;  $C$  – выход готовой продукции, % к массе несоленого сырья (значения  $C$  приведены в нормативной документации на каждый вид изделия).

Необходимое количество сырья  $A_6$ , кг / смену, рассчитывают по формуле 3.2:

$$A_6 = \frac{A_0 \cdot K}{100} \quad (3.2)$$

где  $A_0$  – общее количество основного жилованного сырья;  $K$  – норма расхода сырья согласно рецептуре на 100 кг основного сырья, кг.

В случае, если сырье приходит замороженным, после определения массы жилованного сырья  $A_0$  и необходимого количества сырья  $A_6$ , рассчитывают необходимую массу замороженного сырья  $A_{\text{зам}}$ , кг / смену (3.3):

$$A_{\text{зам}} = \frac{A_6 \cdot 100}{100 - P} \quad (3.3)$$

где,  $A_{\text{зам}}$  – масса замороженного сырья, кг;  $A_6$  – масса сырья (после дефростации), кг;  $P$  – потери при дефростации, %.

Нормы потерь при размораживании зависят от вида мяса, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Нормы потерь мясного сырья при дефростации

Вид сырья	Потери при дефростации, %
Говядина	6
Свинина	8
Баранина	7
Мясо птицы	5–6

После расчета необходимой массы жилованного мяса определяют *необходимую массу мяса на костях* (если оно необходимо для производства выбранного вида продукции)  $A_k$ , вкг, каждой категории упитанности по формуле 3.4:

$$A_k = \frac{A_0 \cdot 100}{Z} \quad (3.4)$$

где  $Z$  – выход жилованной говядины и свинины, % к массе мяса на костях.

По этой же формуле рассчитывают расход сырья для производства *натуральных полуфабрикатов*.

Количество полутуш  $A_{\text{п}}$ , вшт, определяют по формуле 3.5:

$$A_{\text{п}} = \frac{A_k}{M_{\text{п}}} \quad (3.5)$$

где  $A_k$  количество говядины и свинины на костях, кг;  $M_{\text{п}}$  – масса полутуши, кг.

Результаты расчетов представляют в виде таблицы (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Расчет основного сырья

Наименование продукта	Выработка, кг/смену	Выход готовой продукции, %	Количество сырья, кг/смену

*Расчет расхода вспомогательных, упаковочных материалов и тары*

Необходимое количество вспомогательных материалов  $C$ , кг рассчитывают по формуле 3.6:

$$C = \frac{A_B \cdot H}{100} \quad (3.6)$$

где  $A_B$  – необходимое количество основного сырья по видам, кг;  $H$  – норма расхода вспомогательных материалов, кг на 100 кг несоленого сырья.

Результаты расчетов представляют в виде таблицы (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Расчет расхода вспомогательных материалов

Наименование вспомогательных материалов	Единица измерения	Норма расхода на единицу продукции	Расход			
			в час	в смену (сутки)	в месяц	в год

В практике производства цельномышечных изделий чаще других используется комбинированный метод посола с обработкой продуктов сухой посолочной смесью и посолочными ингредиентами в рассоле.

При такой технологической схеме необходимо рассчитать: массу посолочной смеси для натирания; объемы рассолов для шприцевания и заливки.

*Расчет необходимого количества рассола (соли и специй)  $M$ , кг для производства цельномышечных изделий производят исходя из выбранного способа посола в соответствии с технологической инструкцией по формуле 3.7:*

$$M = \frac{B \cdot P}{100} \quad (3.7)$$

где  $B$  – количество готовых изделий, вырабатываемых в смену, кг / смену;  $P$  – процентное соотношение от массы сырья.

Следующим этапом технологических расчетов является определение потребности в формовочных, упаковочных и перевязочных материалах: оболочке, шпагате, скобах для клипсования колбасных батонов, пакетах или салфетках из полимерных пленок.

Колбасный фарш шприцуют в натуральную или искусственную оболочку. Вид оболочки, ее диаметр, длина батона указаны в нормативной документации на каждый вид продукции. По технологическим свойствам предпочтительнее использовать натуральную оболочку. Однако она нестандартна по длине и диаметру, подвержена микробиальной порче, отличается трудоемкой технологией обработки. Широкое распространение получили искусственные оболочки

из синтетических полимерных материалов, например, на полиамидной основе (амитан), съедобные белковые (белкозин, кутизин, натурин), альгинатные, пектиновые и др. Искусственные колбасные оболочки имеют ряд преимуществ перед натуральными: постоянные размеры, что позволяет осуществить механизацию и автоматизацию процессов наполнения оболочек фаршем и термообработки колбасных батонов, возможность маркировки с нанесением товарного знака предприятия и информационных сведений о пищевой ценности продукта, реализации барьерных технологий производства и хранения продуктов с пролонгированными сроками годности и т. д.

Потребность в колбасной оболочке, упаковочных и перевязочных материалах рассчитывают по укрупненным нормам расхода на 1 т готовых изделий.

При формовке колбасных батонов для плотного зажима свернутых в жгут концов маркированных искусственных оболочек, а также для фиксации пакетов и упаковок из полимерных пленок используют алюминиевые скобы (клипсы). Норма расхода – 0,9 кг на 1 т вареных колбас.

При использовании натуральных оболочек для придания формы и нанесения товарной отметки колбасные батоны вяжут шпагатом. Нормы расхода шпагата, кг на 1 т: вареных и полукопченых колбас – 0,25; сосисок и сарделек – 0,2; сырокопченых колбас – 0,3.

*Например, рассчитайте потребность в сырье по продукту «Ветчина для завтрака». Если производительность завода 7500 т в сутки. Выход продукта 96 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит в охлажденном виде.*

Таблица 3.4 – Рецептúra «Ветчины для завтрака»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Свинина не жирная	100	Соль поваренная	2100
		Нитрит Натрия	7,5
		Сахар – песок	300

Рассчитаем общую массу жилованного сырья по формуле 3.1:

$$A_0 = \frac{B \cdot 100}{C} = \frac{7500 \cdot 100}{96} = 7812,5 \text{ кг}$$

Рассчитаем нормы сырья по рецептуре (формула 3.2):

$A_{\text{в}} = \frac{A_0 \cdot K}{100} = \frac{7812,5 \cdot 100}{100} = 7812,5 \text{ кг}$  свинины необходимо в смену для производства «Ветчины для завтрака».

Рассчитаем потребность по вспомогательным материалам по формуле 3.6. Необходимое количество поваренной соли:

$$C = \frac{A_B \cdot H}{100} = \frac{7812,5 \cdot 2,1}{100} = 164,06 \text{ кг}$$

Потребность в нитритной соли:

$$C = \frac{A_B \cdot H}{100} = \frac{7812,5 \cdot 0,0075}{100} = 0,59 \text{ кг}$$

Рассчитаем потребность по сахару – песку:

$$C = \frac{A_B \cdot H}{100} = \frac{7812,5 \cdot 0,3}{100} = 23,44 \text{ кг}$$

Результаты оформим в виде таблиц 3.5, 3.6.

Таблица 3.5 – Количество основного сырья для производства «Ветчины для завтрака»

Наименование продукта	Выработка, кг/смену	Выход готовой продукции, %	Количество сырья (свинина), кг/смену
Ветчина для завтрака	7500	96	7812,5

Таблица 3.6 – Количество вспомогательного сырья для производства «Ветчины для завтрака»

Наименование вспомогательных материалов	Количество, кг/смену согласно рецептуре
Соль	164,06
Сахар	0,59
Нитрит натрия	23,44

## ЗАДАНИЕ

1. Изучите общие сведениями о порядке расчета сырья и готовой продукции в технологии мяса и мясных продуктов. Ознакомьтесь с примерами решения задач.

2. Решите задачи в соответствии с заданием преподавателя.

2.1. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Ветчина для завтрака». Если производительность завода 15000 кг в смену. Выход продукта 96 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит замороженное.

Таблица 3.7 – Рецептура «Ветчины для завтрака»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Свинина не жирная	100	Соль поваренная	2100
		Нитрит Натрия	7,5
		Сахар-песок	300

2.2. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Рулет из поросят фаршированный». Если производительность завода 6,8 т в смену. Выход продукта 80 % от массы не соленого сыря.

Таблица 3.8 – Рецептута «Рулета из поросят фаршированного»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сыря	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сыря
Мясо поросят	80	Соль поваренная	6800
Фарш докторской колбасы	20	Нитрит Натрия	37,5
		Сахар – песок	250
Итого	100	Аскорбат натрия	50

2.3. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Рулет волгоградский копчено-запеченый». Если производительность завода 23500 кг в смену. Выход продукта 85 % от массы не соленого сыря.

Таблица 3.9 – Рецептута «Рулета волгоградского копчено-запеченого»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сыря	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сыря
Свинина в шкуре	65	Соль поваренная	6800
Говядина не жирная	35	Нитрит Натрия	25
		Сахар-песок	250
Итого	100	Аскорбат натрия	50

2.4. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Говядина с соевым белком». Если производительность завода 13530 кг в сутки. Выход продукта 115 % от массы не соленого сыря.

Таблица 3.10 – Рецептута «Говядины с соевым белком»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сыря	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сыря
Свинина в шкуре	65	Изолированный соевый белок	3000
Говядина не жирная	35	Нитрит Натрия	7,5
		Сахар-песок	200
		Соль поваренная	2500
		Перец черный молотый	50
		Орех мускатный	40
		Кориандр молотый	40
Итого	100	Чеснок сушеный	250

2.5. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Говядина с соевым белком». Если производительность завода 13530 кг в смену. Выход продукта 115 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит замороженное.

Таблица 3.11 – Рецепттура «Говядины с соевым белком»

<b>Сырье</b>	<b>Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья</b>	<b>Пряности и материалы</b>	<b>Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья</b>
Свинина в шкуре	65	Изолированный соевый белок	3000
Говядина не жирная	35	Нитрит Натрия	7,5
Итого	100	Сахар-песок	200
		Соль поваренная	2500
		Перец черный молотый	50
		Орех мускатный	40
		Кориандр молотый	40
		Чеснок сушеный	250

2.6. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Ветчина ленинградская». Если производительность завода 13500 кг в смену. Выход продукта 82 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит замороженное.

Таблица 3.12 – Рецепттура «Ветчины ленинградской»

<b>Сырье</b>	<b>Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья</b>	<b>Пряности и материалы</b>	<b>Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья</b>
Свинина полужирная	50	Соль поваренная	2100
Говядина 1 сорта	50	Нитрит Натрия	7,5
		Сахар-песок	150
		Перец белый молотый	150
		Перец душистый молотый	50
Итого	100	Чеснок сушеный	100

2.7. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Колбаса вареная «Любительская»». Если производительность завода 34500 кг в сутки. Выход продукта 135 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит замороженное.



Таблица 3.13 – Рецептура «Колбасы вареной «Любительская»»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Говядина высший сорт	35	Посолочная смесь «НИСО-2»	1875
Свинина не жирная	40	Перец черный молотый	85
Шпик хребтовый	25	Орех мускатный	55
		Аскорбинат натрия	50
		Соль поваренная пищевая	625
		Сахар-песок	100
Итого	100		

2.8. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Колбаса вареная «Телячья»». Если производительность завода 8700 кг в смену. Выход продукта 140 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит охлажденное.

Таблица 3.14 – Рецептура «Колбасы вареной «Телячья»»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Говядина молодняк	25	Посолочная смесь «НИСО-2»	1705
Свинина не жирная	30	Перец черный молотый	85
Свинина жирная	15	Орех мускатный	55
Шпик хребтовый	18	Аскорбинат натрия	50
Язык говяжий	10	Соль пищевая поваренная	450
Меланж	2	Сахар-песок	100
Итого	100		

2.9. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Сардельки «Обыкновенные»». Если производительность завода 4,7 т в смену. Выход продукта 135 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит охлажденное.

Таблица 3.15 – Рецептура «Сарделек «Обыкновенные»»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Говядина первый сорт	10	Посолочная смесь «НИСО-2»	2370
Говядина второй	48	Перец черный	85

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
сорт		молотый	
Свинина полужирная	42	Кориандр молотый	110
		Аскорбинат натрия	50
		Соль пищевая поваренная	450
		Сахар-песок	180
Итого	100		

2.10. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Колбаса копчено-вареная «Деликатесная»». Если производительность завода 14600 кг в смену. Выход продукта 145 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит охлажденное.

Таблица 3.16 – Рецептура «Колбасы копчено-вареной «Деликатесная»»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Говядина высший сорт	40	Нитрит натрия	10
Шпик боковой	25	Перец черный молотый	100
Свинина полужирная	35	Кориандр молотый	30
		Аскорбинат натрия	64
		Соль пищевая поваренная	3000
		Сахар-песок	200
Итого	100		

2.11. Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Колбаса сырокопченая «Майкопская»». Если производительность завода 7 т в смену. Выход продукта 125 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит замороженное.

Таблица 3.17 – Рецептура «Колбасы сырокопченой «Майкопская»»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Свинина полужирная	75	Нитрит натрия	10
Свинина не жирная	25	Перец черный	200

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
		молотый	
		Кориандр молотый	50
		Аскорбинат натрия	76
		Соль пищевая поваренная	3500
		Сахар-песок	200
		Перец душистый	50
		Коньяк	250
Итого	100		

3. Оформите отчет.

### *Пример решения задачи*

**Задание:** Рассчитайте потребность в сырье по продукту «Колбаса вареная «Диабетическая»». Если производительность завода 5000 кг в смену. Выход продукта 115 % от массы не соленого сырья. Сырье приходит в замороженном виде.

Таблица 3.18 – Рецептура «Колбасы вареной «Диабетическая»»

Сырье	Норма расхода, кг/100 кг несоленого сырья	Пряности и материалы	Норма расхода, г/100 кг несоленого сырья
Говядина высший сорт	20	Посолочная смесь «НИСО-2»	2050
Говядина 1 сорт	20	Аскорбинат натрия	50
Свинина не жирная	10	Перец черный молотый	60
Свинина полужирная	42	Орех мускатный	50
Меланж	2		
Молоко сухое	3		
Масло сливочное	3		
Итого	100		

*Решение:*

Рассчитаем общую массу жилованного сырья по формуле 3.1:

$$A_0 = \frac{B \cdot 100}{C} = \frac{5000 \cdot 100}{115} = 4347,8 \text{ кг}$$

Рассчитаем нормы сырья согласно рецептуре по формуле 3.2:

$$A_B = \frac{A_0 \cdot K}{100}$$

Потребность в говядине высшего сорта:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 20}{100} = 869,56 \text{ кг}$$

Количество говядины 1 сорта:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 20}{100} = 869,56 \text{ кг}$$

Количество не жирной свинины:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 10}{100} = 434,8 \text{ кг}$$

Потребность в полужирной свинине:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 42}{100} = 1826,1 \text{ кг}$$

Так как мясное сырье поставляется замороженным, для его дальнейшей переработки, необходимо его дефростировать. Поэтому необходимо рассчитать количество замороженного сырья для производства колбасы вареной «Диабетической», с учетом потерь массы при дефростации (для говядины – 6 %, для свинины – 8 %) по формуле 3.3:

$$A_{\text{зам}} = \frac{A_B \cdot 100}{100 - P}$$

Тогда, потребность в замороженной говядине высшего сорта составит:

$$A_{\text{зам}} = \frac{869,56 \cdot 100}{94} = 925,1 \text{ кг}$$

Количество замороженной говядины 1 сорта:

$$A_{\text{зам}} = \frac{869,56 \cdot 100}{94} = 925,1 \text{ кг}$$

Количество не жирной свинины в замороженном виде:

$$A_{\text{зам}} = \frac{434,8 \cdot 100}{92} = 472,6 \text{ кг}$$

Потребность в замороженной полужирной свинине:

$$A_{\text{зам}} = \frac{1826,1 \cdot 100}{92} = 1984,9 \text{ кг}$$

Потребность в меланже:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 2}{100} = 86,9 \text{ кг}$$

Количество сухого молока:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 3}{100} = 130,4 \text{ кг}$$

Количество сливочного масла:

$$A_B = \frac{4347,8 \cdot 3}{100} = 130,4 \text{ кг}$$

Рассчитаем потребность по вспомогательным материалам по формуле 3.6.

$$C = \frac{A_B \cdot H}{100}$$

Необходимое количество посолочной смеси:

$$C = \frac{4347,8 \cdot 2,05}{100} = 89,1 \text{ кг}$$

Количество аскорбината натрия:

$$C = \frac{4347,8 \cdot 0,05}{100} = 2,2 \text{ кг}$$

Количество черного перца:

$$C = \frac{4347,8 \cdot 0,06}{100} = 2,6 \text{ кг}$$

Количество мускатного ореха:

$$C = \frac{4347,8 \cdot 0,05}{100} = 2,2 \text{ кг}$$

Результаты оформим в виде таблиц 3.19 и 3.20.

Таблица 3.19 – Количество замороженного сырья для производства вареной колбасы

Наименование изделия	Выработка в смену, кг	Выход к массе не-соленого сырья, %	Масса основного сырья, кг	Говядина		Свинина		Меланж	Молоко сухое	Масло сливочное
				Высший сорт	1 сорт	нежирная	полужирная			
Вареная колбаса «Диабетическая»	5000	115	4347,8	925,1	925,1	472,6	1984,39	86,9	130,4	130,4

Таблица 3.20 – Количество вспомогательного сырья для производства вареной колбасы

Вид вспомогательного сырья	Посолочная смесь	Аскорбат натрия	Мускатный орех	Перец черный молотый
Расход в смену, кг	89,1	2,2	2,2	2,6

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Какие группы сырьевых расчётов выделяют на предприятиях мясной промышленности?
2. Что понимается под нормой расхода сырья и вспомогательных материалов?
3. Почему выход готовой продукции может превышать 100 % (например, 115 %, 140 %)? С чем это связано технологически?
4. Какие виды оболочек используются в колбасном производстве и в чём их преимущества перед натуральными?
5. Какой способ посола чаще всего применяется при производстве целномышечных изделий?
6. Какие факторы влияют на потери при дефростации мясного сырья?
7. Какие вспомогательные материалы используются в производстве колбасных изделий? Приведите примеры.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 (2 ч) ОСНОВЫ ПРОДУКТОВЫХ РАСЧЕТОВ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Цель:** формирование умений и навыков выполнения продуктовых расчетов в молочной промышленности.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

**Материальный баланс в производстве молочной продукции** используется для определения экономических показателей технологических процессов и способов производства (производственные потери, степень использования составных частей молока, расход сырья, выход готового продукта).

Материальный баланс в производстве молочных продуктов основан надвух уравнениях.

**Первое уравнение материального баланса** (4.1) представляет собой баланс сырья и вырабатываемых из него продуктов. Масса сырья равна сумме массы готового продукта, массы побочного продукта и производственных потерь.

$$m_c = m_{гп} + m_{пп} + П \quad (4.1)$$

где  $m_c, m_{гп}, m_{пп}$  – масса сырья, готового продукта и побочного продукта, соответственно, кг;  $П$  – производственные потери, кг.

Разницу между массой получаемых после переработки продуктов и массой переработанного сырья составляют производственные потери.

Норма предельно допустимых потерь ( $n$ ) выражается в процентах от количества переработанного сырья (4.2).

$$n = \frac{П}{m_c} \cdot 100, \% \quad (4.2)$$

Тогда,

$$П = \frac{m_c \cdot n}{100} \quad (4.3)$$

Уравнение материального баланса может быть представлено в следующем виде (4.4):

$$m_c = m_{гп} + m_{пп} + \frac{m_c \cdot n}{100} \quad (4.4)$$

**Второе уравнение материального баланса** учитывает переход компонентов молока из сырья в готовый и побочный продукты, а также потери. Если составные части молока не претерпевают химических изменений в ходе технологических процессов, масса компонента молока в сырье должна быть равна сумме массы компонентов в готовом и побочном продуктах, с учетом потерь.

Баланс составных частей молока при его переработке можно составить следующим образом (4.5):

$$\frac{m_c \cdot r_c}{100} = \frac{m_{гп} \cdot r_{гп}}{100} + \frac{m_{пп} \cdot r_{пп}}{100} + П_ч \quad (4.5)$$

или

$$m_c \cdot r_c = m_{гп} \cdot r_{гп} + m_{пп} \cdot r_{пп} + П_ч \cdot 100, \quad (4.6)$$

где  $r_c, r_{гп}, r_{пп}$  - массовая доля составных частей (компонентов) молока соответственно в сырье, готовом и побочном продуктах, %;  $П_ч$  - потери составных частей молока, кг.

Компонентами в конкретных случаях могут быть:

Ж – массовая доля жира, %;

С – массовая доля сухих веществ, %;

О – массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), %;

Б – массовая доля белка, %.

С помощью первого и второго уравнения материального баланса можно рассчитать массы сырья, готового и побочного продуктов с учетом потерь при производстве различных молочных продуктов.

Потери выражают в процентах от составных частей молока, содержащихся в сырье, по формуле (4.7):

$$П_ч = \frac{m_c \cdot r_c \cdot n_r}{100 \cdot 100} \quad (4.7)$$

где  $n_r$  - потери составных частей молока, %.

Тогда, второе уравнение материального баланса примет следующий вид:

$$m_c \cdot r_c = m_{гп} \cdot r_{гп} + m_{пп} \cdot r_{пп} + \frac{m_c \cdot r_c \cdot n_r}{100} \quad (4.8)$$

Потери составных частей молока  $n_r$  и потери сырья  $n$ , выраженные в процентах, численно равны.

### **Алгебраический метод расчета материального баланса.**

Записав первое и второе уравнение материального баланса в общем виде можно выразить какой-то один неизвестный показатель через два известных в первом уравнении и подставить его значение во второе уравнение материального баланса.

$$m_c = m_{гп} + m_{пп} + \frac{m_c \cdot n}{100} \quad (4.9)$$

$$m_c \cdot r_c = m_{гп} \cdot r_{гп} + m_{пп} \cdot r_{пп} + \frac{m_c \cdot r_c \cdot n_r}{100} \quad (4.10)$$

Выразим из первого уравнения материального баланса массу побочного продукта через массы сырья и готового продукта с учетом потерь и подставим во второе уравнение материального баланса.

$$m_{пп} = m_c - m_{гп} - \frac{m_c \cdot n}{100} \quad (4.11)$$



$$m_c \cdot r_c = m_{гп} \cdot r_{гп} + \left( m_c - m_{гп} - \frac{m_c \cdot n}{100} \right) \cdot r_{пп} + \frac{m_c \cdot r_c \cdot n}{100} \quad (4.12)$$

Путем алгебраических преобразований получаем уравнения (4.13, 4.14) для расчета массы сырья и массы готового продукта.

$$m_c = \frac{m_{гп} \cdot (r_{гп} - r_{пп})}{r_c - r_{пп}} \cdot \frac{100}{100 - n} \quad (4.13)$$

$$m_{гп} = \frac{m_c \cdot (r_c - r_{пп})}{r_{гп} - r_{пп}} \cdot \frac{100 - n}{100} \quad (4.14)$$

Выразив массу готового продукта через массы сырья и побочного продукта с учетом потерь из первого уравнения материального баланса и подставив это значение во второе уравнение материального баланса, путем алгебраических преобразований получим уравнение (4.15) для расчета массы побочного продукта.

$$m_{пп} = \frac{m_c \cdot (r_{гп} - r_c)}{r_{гп} - r_{пп}} \cdot \frac{100 - n}{100} \quad (4.15)$$

**Графический метод расчета материального баланса** представляет собой метод расчета первого и второго уравнений материального баланса с помощью так называемого расчетного треугольника (рисунок 4.1).

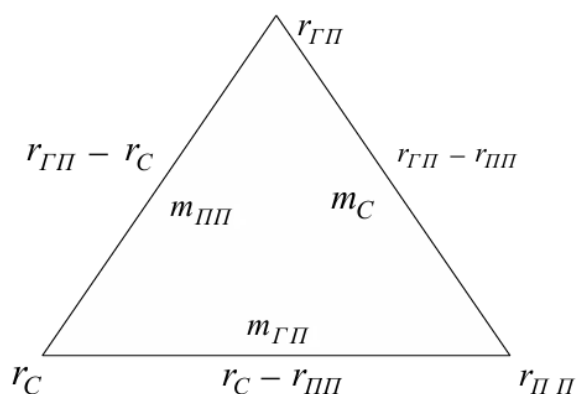


Рисунок 4.1 – Графический метод расчета материального баланса

В вершинах треугольника записывают массовые доли компонентов молока в процентах. На внутренних сторонах треугольника записывают значения массы сырья, готового и побочного продуктов – напротив соответствующей массовой доли компонента.

На внешних сторонах треугольника записывают разность между массовыми долями большего и меньшего компонентов, находящихся в прилегающих к этой стороне вершинах треугольника.

По правилу расчетного треугольника отношения внутренних сторон к внешним равны и являются постоянными для данного треугольника (4.16).

$$\frac{m_c}{r_{гп}-r_{пп}} = \frac{m_{гп}}{r_c-r_{пп}} = \frac{m_{пп}}{r_{гп}-r_c} \quad (4.16)$$

Отсюда можно рассчитать неизвестную массу продукта по известным величинам (4.18, 4.19, 4.21):

$$\frac{m_c}{r_{гп}-r_{пп}} = \frac{m_{гп}}{r_c-r_{пп}} \quad (4.17)$$

$$m_c = \frac{m_{гп} \cdot (r_{гп}-r_{пп})}{r_c-r_{пп}} \quad (4.18)$$

$$m_{гп} = \frac{m_c \cdot (r_c-r_{пп})}{r_{гп}-r_{пп}} \quad (4.19)$$

$$\frac{m_c}{r_{гп}-r_{пп}} = \frac{m_{пп}}{r_{гп}-r_c} \quad (4.20)$$

$$m_{пп} = \frac{m_c \cdot (r_{гп}-r_c)}{r_{гп}-r_{пп}} \quad (4.21)$$

Для определения массы сырья, готового и побочного продуктов с учетом потерь необходимо полученную величину умножить на коэффициент потерь. При определении массы сырья с учетом потерь коэффициент будет равен  $100/(100-n)$ , для готового и побочного продуктов коэффициент равен  $(100-n)/100$  или  $(1-0,01n)$ .

Таким образом:

$$m_c = \frac{m_{гп} \cdot (r_{гп}-r_{пп})}{r_c-r_{пп}} \cdot \frac{100}{100-n} \quad (4.22)$$

$$m_{гп} = \frac{m_c \cdot (r_c-r_{пп})}{r_{гп}-r_{пп}} \cdot \frac{100-n}{100} \quad (4.23)$$

$$m_{пп} = \frac{m_c \cdot (r_{гп}-r_c)}{r_{гп}-r_{пп}} \cdot \frac{100-n}{100} \quad (4.24)$$

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь основами материального баланса при производстве молочной продукции, алгебраическим и графическим методами расчета материального баланса и примерами расчета массы сырья, готового и побочного продукта.

2. Решите задачи:

2.1. Рассчитать алгебраическим методом массу сливок, полученных при сепарировании 2000 кг молока. Массовая доля жира в молоке – 3,6 %, массовая доля жира в сливках 30 %, в обрете – 0,05 %. Потери жира при сепарировании

0,23 %. Потери обезжиренного молока при сепарировании 0,4 %. Составить жиробаланс.

2.2. Рассчитать графическим методом (построить расчетный треугольник) массу молока, которое необходимо просепарировать, чтобы получить 300 кг сливок жирностью 20 %. Массовая доля жира в молоке 3,6 %, в обрате 0,05 %. Потери составили 0,23 %.

2.3. Рассчитать массу творога, полученного из 3000 кг нормализованного молока. Массовая доля жира в молоке 1 %, жирность творога 5 %, массовая доля жира в сыворотке 0,04 %. Потери жира при производстве творога 0,28 %.

2.4. Рассчитать массу пахты при получении сливочного масла из 4000 кг сливок жирностью 65 %. Массовая доля жира в масле 82 %, в пахте – 0,7 %. Потери жира – 0,25 %.

2.5. Рассчитать массу воды, которая выпаривается при производстве сгущенного молока из 1500 кг нормализованного молока с массовой долей сухих веществ 13 %. Массовая доля сухих веществ в сгущенном молоке 30 %. Потери сухих веществ – 0,15 %.

### **Примеры решения задач**

#### **Пример 1**

**Задание:** Рассчитать массу сливок и обрата, полученных при сепарировании 1800 кг молока. Массовая доля жира в молоке – 3,4 %, массовая доля жира в сливках 10 %, в обрате – 0,05 %. Потери жира при сепарировании 0,22 %, потери обезжиренного молока при сепарировании – 0,43 %.

**Решение:**

Массу сливок (готового продукта) можно рассчитать исходя из уравнений материального баланса по формуле 4.14:

$$m_{\text{гп}} = \frac{m_{\text{с}} \cdot (r_{\text{с}} - r_{\text{пп}})}{r_{\text{гп}} - r_{\text{пп}}} \cdot \frac{100 - n}{100}$$

Тогда,

$$m_{\text{сл}} = \frac{m_{\text{м}} \cdot (Ж_{\text{м}} - Ж_{\text{об}})}{Ж_{\text{сл}} - Ж_{\text{об}}} \cdot \frac{100 - n_{\text{ж}}}{100} = \frac{1800 \cdot (3,4 - 0,05)}{10 - 0,05} \cdot \frac{100 - 0,22}{100} = 604,7 \text{ кг}$$

Массу обрата (побочного продукта) можно рассчитать исходя из уравнений материального баланса по формуле 4.15:

$$m_{\text{пп}} = \frac{m_{\text{с}} \cdot (r_{\text{гп}} - r_{\text{с}})}{r_{\text{гп}} - r_{\text{пп}}} \cdot \frac{100 - n}{100}$$

Тогда,

$$m_{\text{об}} = \frac{m_{\text{м}} \cdot (Ж_{\text{сл}} - Ж_{\text{м}})}{Ж_{\text{сл}} - Ж_{\text{об}}} \cdot \frac{100 - n_{\text{об}}}{100} = \frac{1800 \cdot (10 - 3,4)}{10 - 0,05} \cdot \frac{100 - 0,43}{100} = 1188,8 \text{ кг}$$

**Ответ:** Масса сливок составит 604,7 кг, масса обраты 1188,8 кг.

### Пример 2

**Задание:** Рассчитать массу молока, которое необходимо просепарировать, чтобы получить 200 кг сливок жирностью 25 %. Массовая доля жира в молоке 3,8 %, в обрате 0,05%. Потери составили 0,21 %.

**Решение:**

Массу сырья (молока) можно рассчитать исходя из уравнений материального баланса по формуле 4.13:

$$m_c = \frac{m_{гп} \cdot (r_{гп} - r_{пп})}{r_c - r_{пп}} \cdot \frac{100}{100 - n}$$

Тогда,

$$m_m = \frac{m_{сл} \cdot (Ж_{сл} - Ж_{об})}{Ж_m - Ж_{об}} \cdot \frac{100}{100 - п} = \frac{200 \cdot (25 - 0,05)}{3,8 - 0,05} \cdot \frac{100}{100 - 0,21} = 1333,5 \text{ кг}$$

**Ответ:** Необходимо просепарировать 1333,5 кг молока.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Для чего используется материальный баланс при производстве молочных продуктов?
2. Какой закон лежит в основе материального баланса?
3. Что представляют собой «производственные потери»?
4. Что представляет собой графический метод определения материального баланса?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 (2 ч) МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ПО НОРМАЛИЗАЦИИ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

**Цель:** формирование умений и навыков по выполнению расчетов нормализации сырья в молочной промышленности.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

**Нормализация** молока представляет собой технологическую операцию, целью которой является получение продукта с требуемым содержанием сухих веществ и жира.

Получить нормализованную смесь заданной жирности можно двумя способами:

- добавляя в исходное молоко сливки или обезжиренное молоко в зависимости от массовой доли жира в нормализованной смеси относительно массовой доли жира в цельном молоке – нормализация смешением;
- снижая или повышая массовую долю жира исходного молока путем отбора сливок или обезжиренного молока, используя сепаратор с нормализующим устройством – нормализация в потоке.

Расчеты по нормализации молока ведут по уравнению материального баланса, в случае нормализации по массовой доли жира – жиробаланса.

При *нормализации смешением*, в зависимости от массовой доли жира в нормализованном молоке в отношении к массовой доли жира в цельном молоке возможны два варианта расчета.

В случае, если жирность нормализованного молока ( $J_{\text{нм}}$ ) больше жирности цельного молока ( $J_{\text{цм}}$ ), для получения нормализованной смеси к цельному молоку добавляют сливки. Массы цельного молока ( $m_{\text{цм}}$ ) и сливок ( $m_{\text{сл}}$ ), необходимых для нормализации, можно определить по уравнениям материального баланса (5.1):

$$\begin{cases} m_{\text{нм}} = m_{\text{цм}} + m_{\text{сл}} \\ m_{\text{нм}} \cdot J_{\text{нм}} = m_{\text{цм}} \cdot J_{\text{цм}} + m_{\text{сл}} \cdot J_{\text{сл}} \end{cases} \quad (5.1)$$

Решив систему уравнений, получим формулу (5.2) для определения количества сливок, необходимых для нормализации:

$$m_{\text{сл}} = \frac{m_{\text{цм}} \cdot (J_{\text{нм}} - J_{\text{цм}})}{(J_{\text{сл}} - J_{\text{нм}})} \quad (5.2)$$

Если жирность нормализованного молока меньше жирности цельного молока, тогда для нормализации смеси добавляют обезжиренное молоко. Массы

цельного молока и обезжиренного молока ( $m_{ом}$ ), необходимых для нормализации, можно определить по уравнениям материального баланса (5.3):

$$\begin{cases} m_{нм} = m_{цм} + m_{ом} \\ m_{нм} \cdot Ж_{нм} = m_{цм} \cdot Ж_{цм} + m_{ом} \cdot Ж_{ом} \end{cases} \quad (5.3)$$

Решив систему уравнений, получим формулу (5.4) для определения количества обезжиренного молока, необходимого для нормализации:

$$m_{ом} = \frac{m_{цм} \cdot (Ж_{цм} - Ж_{нм})}{(Ж_{нм} - Ж_{ом})} \quad (5.4)$$

*Например:* Необходимо рассчитать количество обезжиренного молока (жирность 0,05 %) необходимого для нормализации 1 тонны цельного молока жирностью 3,8 % для получения нормализованной смеси жирностью 3,2 %.

$$m_{ом} = \frac{m_{цм} \cdot (Ж_{цм} - Ж_{нм})}{(Ж_{нм} - Ж_{ом})} = \frac{1000 \cdot (3,8 - 3,2)}{(3,2 - 0,05)} = 190,5 \text{ кг}$$

Таким образом потребуется 190,5 кг обезжиренного молока.

При *нормализации в потоке* (непрерывный способ) используют сепаратор, снабженный нормализующим устройством. В случае если массовая доля жира в нормализованном молоке меньше, чем в исходном из сепаратора отводится часть сливок. Если массовая доля жира в нормализованном молоке больше, чем в исходном, то отводится часть обезжиренного молока.

Массы необходимых для смешивания компонентов также можно определить методом расчетного треугольника (треугольник Баркана) (рисунок 5.1).

В вершинах равностороннего треугольника указывают массовые доли жира в исходных молочных компонентах и нормализованном молоке. На внутренних сторонах треугольника записывают значения массы компонентов (напротив соответствующей массовой доли жира). На внешних сторонах треугольника указывают разность между бóльшим и меньшим содержанием жира, находящихся в прилегающих к этой стороне вершинах треугольника.

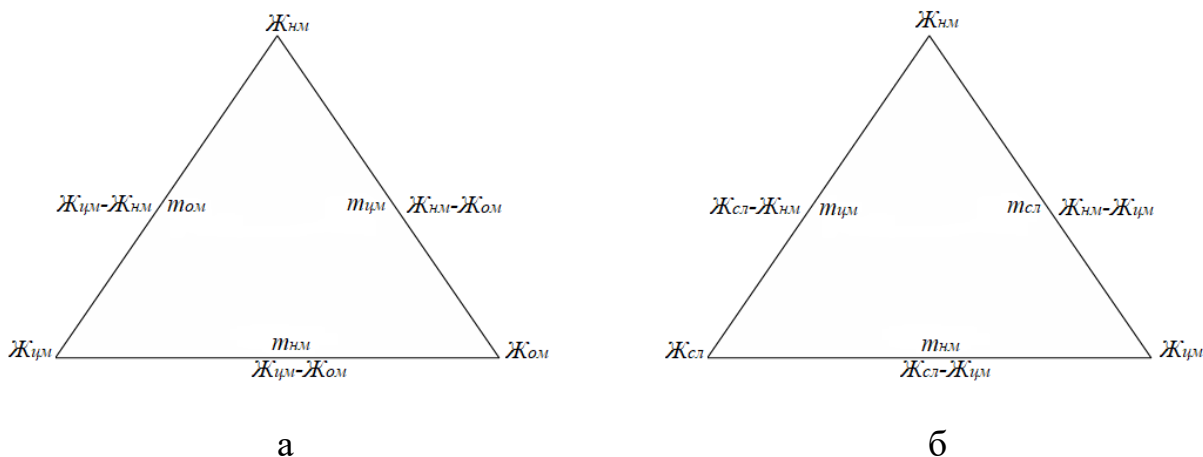


Рисунок 5.1 – Расчетный треугольник Баркана при нормализации:

а – обезжиренным молоком, б – сливками

На каждой стороне треугольника получаем соотношения, учитывая правило треугольника (отношение внутренних сторон к внешним есть величина постоянная), из которых выводятся расчетные формулы (5.5, 5.6).

$$\frac{m_{\text{нм}}}{\text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{ом}}} = \frac{m_{\text{цм}}}{\text{Ж}_{\text{нм}} - \text{Ж}_{\text{ом}}} = \frac{m_{\text{ом}}}{\text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{нм}}} \quad (5.5)$$

$$\frac{m_{\text{нм}}}{\text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{цм}}} = \frac{m_{\text{сл}}}{\text{Ж}_{\text{нм}} - \text{Ж}_{\text{цм}}} = \frac{m_{\text{цм}}}{\text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{нм}}} \quad (5.6)$$

Если известна масса исходного молока ( $m_{\text{цм}}$ ), то, объединив попарно члены пропорции, можно вывести расчетные формулы для расчета массы других компонентов.

При расчете массы нормализующих компонентов в практике пользуются и другим графическим методом – квадратом Пирсона (рисунок 5.2).

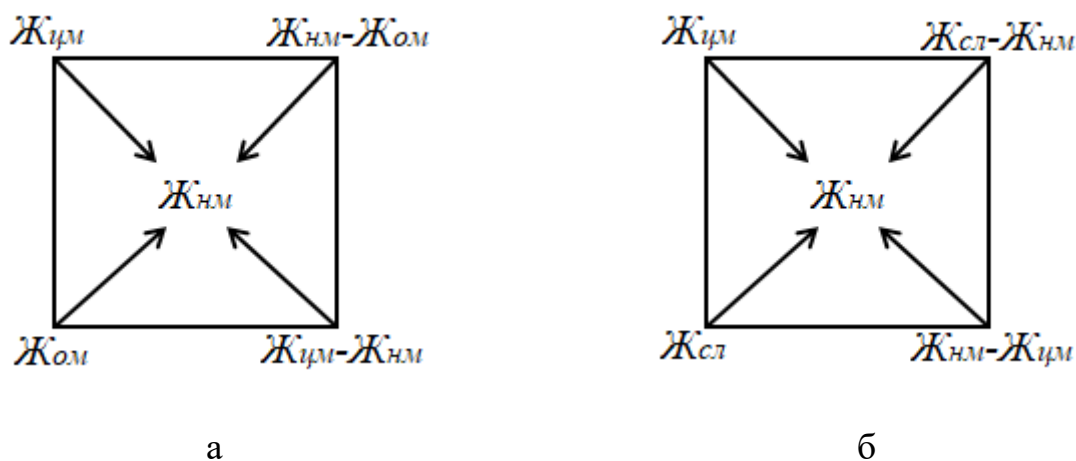


Рисунок 5.2 – Квадрат Пирсона при нормализации:

а – обезжиренным молоком, б – сливками

При расчете по квадрату в его центре записывают требуемую жирность нормализованного молока, а по углам располагают: с левой стороны – массовую долю жира в компонентах, справа – разности по диагоналям между большей и меньшей величинами, которые показывают количественное соотношение между компонентами смеси.

Если известна масса нормализованной смеси и требуется определить массу ее компонентов, полученные в правой части разности суммируют (например,  $(\text{Ж}_{\text{нм}} - \text{Ж}_{\text{ом}} + \text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{нм}} = \text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{ом}})$  или  $(\text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{нм}} + \text{Ж}_{\text{нм}} - \text{Ж}_{\text{цм}} = \text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{цм}})$ ).

Тогда в первом случае (а) количество цельного (5.7) и обезжиренного молока (5.8) для нормализации можно рассчитать по формулам:

$$m_{\text{цм}} = \frac{m_{\text{нм}} \cdot (\text{Ж}_{\text{нм}} - \text{Ж}_{\text{ом}})}{(\text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{ом}})} \quad (5.7)$$

$$m_{\text{ом}} = \frac{m_{\text{нм}} \cdot (\text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{нм}})}{(\text{Ж}_{\text{цм}} - \text{Ж}_{\text{ом}})} \quad (5.8)$$

Во втором случае (б) количество цельного молока (5.9) и сливок (5.10) для нормализации можно рассчитать по формулам:

$$m_{\text{цм}} = \frac{m_{\text{нм}} \cdot (\text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{нм}})}{(\text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{цм}})} \quad (5.9)$$

$$m_{\text{сл}} = \frac{m_{\text{нм}} \cdot (\text{Ж}_{\text{нм}} - \text{Ж}_{\text{цм}})}{(\text{Ж}_{\text{сл}} - \text{Ж}_{\text{цм}})} \quad (5.10)$$

*Например:* Следует определить, сколько требуется обезжиренного молока (0,04 % жира) для получения 100 л нормализованного молока (3,2 % жира), если жирность цельного молока 3,9 %.

Построим квадрат Пирсона, проставив в левых углах показатели жирности исходных продуктов, а на пересечении диагоналей – желательную жирность нормализованной смеси. В правых углах квадрата указываем разность, полученную при вычитании по диагоналям из большей величины меньшую (рисунок 5.3).

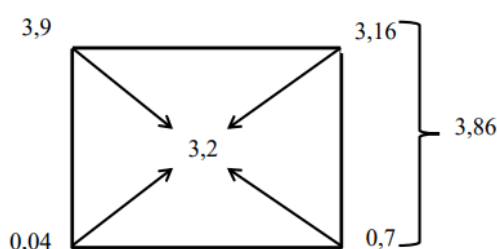


Рисунок 5.3 – Пример расчета по квадрату Пирсона

По формулам (5.7, 5.8) рассчитываем количество цельного и обезжиренного молока, необходимое для нормализации:

$$m_{\text{цм}} = \frac{100 \cdot 3,16}{3,86} = 81,9 \text{ л}$$

$$m_{\text{ом}} = \frac{100 \cdot 0,7}{3,86} = 18,1 \text{ л}$$

Таким образом, для получения 100 л молока жирностью 3,2 % требуется к 81,9 л цельного молока (3,9 % жира) добавить 18,1 л обезжиренного молока (жирность 0,04 %).



## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с методами расчета по нормализации молочного сырья, изучите примеры расчета.

2. Решите задачи:

2.1. Постройте расчетный треугольник Баркана и рассчитайте количество обезжиренного молока (жирность 0,05 %) необходимого для нормализации 30 тонн цельного молока жирностью 3,5 %, для получения нормализованной смеси жирностью 3,2 %. Рассчитайте массу полученной нормализованной смеси.

2.2. Рассчитать с помощью квадрата Пирсона количество сливок жирностью 10 % и цельного молока жирностью 3,2 %, необходимых для получения 35 тонн нормализованной смеси жирностью 3,6 %.

2.3. Рассчитать количество обезжиренного молока (жирность 0,05 %) необходимого для нормализации 40 тонн цельного молока базисной жирностью (3,4 %), для получения нормализованной смеси жирностью 3,2 %.

2.4. Рассчитать количество сливок (жирность 20 %) необходимых для нормализации 15 тонн цельного молока жирностью 2,5 %, для получения нормализованной смеси жирностью 3,2 %.

2.5. Рассчитать с помощью квадрата Пирсона количество обезжиренного молока (жирность 0,05 %) и цельного молока жирностью 3,2 %, необходимых для получения 3 тонн нормализованной смеси жирностью 2,5 %.

3. Оформите отчет по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Что представляет собой процесс нормализации молочной сырьё?
2. Перечислите способы нормализации молока по массовой доле жира.
3. Какие методы расчета массы нормализующего компонента используют?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6 (4 ч) РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

**Цель:** формирование умений и навыков расчета теплофизических характеристик и количества холода, необходимого для охлаждения водных биологических ресурсов (ВБР), продолжительности охлаждения.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

*Охлаждение* – это процесс быстрого понижения температуры продукта от начальной до конечной. При производстве и хранении охлажденной продукции ее температура становится близкой к криоскопической точке тканевого сока, но не должна быть ниже последней. Это физический способ консервирования, основанный на принципе анабиоза (психроанабиоз).

При охлаждении происходит передача теплоты (энергии) от одного тела к другому. Для передачи теплоты от одного тела к другому обязательным условием является разность температур тел, причем теплота передается от тела с более высокой температурой к телу с более низкой. Тело с более высокой температурой получило название *источника теплоты*, а тело с более низкой температурой – *приемника теплоты* (теплоприемника).

Передача теплоты может осуществляться тремя способами: теплопроводностью, конвекцией и излучением. В расчетах по холодильной технологии пищевых продуктов часто используется понятие теплопроводности.

*Теплопроводность* – процесс передачи теплоты от одной частицы тела к другой или от одного тела к другому, когда эти тела соприкасаются друг с другом. Нагрев любого тела с одной стороны приводит к тому, что через некоторое время холодная часть тела начинает нагреваться. Молекулы нагретой части тела имеют скорость большую, чем молекулы холодной части. Перемещаются они на большее расстояние и при столкновении с молекулами холодной части тела передают им часть своей энергии. Увеличение энергии молекул холодной части тела приводит к повышению температуры. Теплопроводностью теплота может передаваться не только внутри однородного тела. Если два тела плотно соприкасаются друг с другом, то через контакт этих тел передается теплота. Теплопроводностью теплота может передаваться и через жидкие и газообразные тела.

***Расчет теплофизических характеристик и количества холода, необходимого для охлаждения***

Наиболее важными для холодильной технологии теплофизическими характеристиками (ТФХ) являются:  $c$  – удельная теплоемкость, кДж/(кг·К);  $\lambda$  – теплопроводность, Вт/(м·К);  $a$  – температуропроводность, м<sup>2</sup>/с;  $i$  – энтальпия, кДж/кг.

Удельная теплоемкость изменяется в довольно широких пределах в зависимости от вида продукта. При расчете холода, затрачиваемого на охлаждение, обычно принимают среднее значение удельной теплоемкости, которое рассчитывают или берут из соответствующих таблиц. Если считать пищевые продукты двухкомпонентными смесями, содержащими  $W$  частей воды и  $(1 - W)$  частей сухих веществ с соответствующими удельными теплоемкостями, то удельная теплоемкость продукта  $c_0$ :

$$c_0 = c_w W + c_c (1 - W), \quad (6.1)$$

где  $c_w$  – теплоемкость воды,  $c_w = 4,19$  кДж/(кг·К);  $c_c$  – теплоемкость сухих веществ,  $c_c = 1,42$  кДж/(кг·К) – для продуктов животного происхождения,  $c_c = 0,91$  кДж/(кг·К) – для продуктов растительного происхождения;  $W$  – содержание воды в продукте, кг/кг.

Таким образом, чем больше воды в продукте, тем больше его теплоемкость.

Теплопроводность  $\lambda$  также зависит от химического состава продукта. Ее значения можно взять из справочника или приближенно рассчитать по различным эмпирическим формулам.

При температурах от 0 °С до 30 °С значения  $c$  и  $\lambda$  изменяются несущественно.

Температуропроводность  $a$  определяется по формуле 6.2:

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{c_0 \rho}, \quad (6.2)$$

где  $c_0$  – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);  $\lambda_0$  – теплопроводность продукта, Вт/(м·К);  $\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Удельная энтальпия – количество тепла, содержащегося в единице массы продукта. При элементарном изменении температуры  $\Delta t$  (°С) приращение удельной энтальпии  $\Delta i$  есть удельная теплота изобарного процесса:

$$\Delta i = c_0 \Delta t, \quad (6.3)$$

Итак, процесс охлаждения заключается в отводе теплоты от тела, имеющего высокую температуру, к телу с более низкой температурой.

Интенсивность теплоотвода от продукта при охлаждении прямо пропорциональна величине коэффициента теплоотдачи, удельной поверхности продукта и разности температур продукта и охлаждающей среды. Наиболее интен-

сивным теплоотвод будет в первый период охлаждения, когда  $\Delta t$  имеет максимум. Отсюда следует, что для обеспечения высокой скорости процесса охлаждения необходимо поддерживать как можно более низкую температуру охлаждающей среды, которая практически может быть для большинства продуктов не ниже минус 3 °С во избежание возможного льдообразования в поверхностных тканях охлаждаемого продукта. В связи с этим лучшими охлаждающими средами являются: лед из морской воды, морская вода или солевой раствор (2–4 % поваренной соли), имеющие температуру, близкую к минус 3 °С, а также льдосолевая смесь (4–6 % поваренной соли к массе льда). Применение этих сред позволяет быстро и глубоко охладить продукты, сохранив их качество.

Интенсифицировать процесс охлаждения можно за счет увеличения *коэффициента теплоотдачи*  $\alpha$ . Величина  $\alpha$  зависит от вида охлаждающей среды и условий процесса охлаждения. Охлаждающие среды в состоянии покоя имеют следующие значения  $\alpha$ : воздух 4,6–9,3; водный лед 116; жидкость 230–250 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Значения  $\alpha$  значительно возрастают при циркуляции охлаждающей среды. Например, для жидкости в зависимости от скорости циркуляции  $\alpha$  может возрастать до 550 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К) для воды принимают в соответствии со скоростью ее движения:  $v = 0,0$  м/с –  $\alpha = 230$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $v = 0,2$  м/с –  $\alpha = 430$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Скорость охлаждения максимальна при использовании циркулирующих жидких сред и минимальна при охлаждении в воздухе. Промежуточное значение занимает способ охлаждения льдом.

*Количество тепла*  $Q_0$  (кДж), выделенное продуктом при его охлаждении от начальной температуры  $t_n$  до конечной среднеобъемной температуры охлаждения  $t_v$ , упрощенно определяют по формуле (6.4) или (6.5).

$$Q_0 = m_{\Pi} c_0 (t_n - t_v) \quad (6.4)$$

$$Q_0 = m_{\Pi} c_0 (t_n - t_c) (1 - \theta_v) \quad (6.5)$$

где  $Q_0$  – расход холода на охлаждение продукта, кДж;  $m_{\Pi}$  – масса охлаждаемого продукта, кг;  $c_0$  – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);  $t_n - t_v = \Delta t$  – соответственно разница между начальной  $t_n$  и конечной среднеобъемной  $t_v$  температурой продукта, °С;  $t_c$  – температура охлаждающей среды, °С;  $\theta_v$  – безразмерная среднеобъемная температура.

В процессе охлаждения скорость понижения температуры продукта – величина переменная, уменьшающаяся по мере снижения температуры объекта. В связи с этим количество тепла, выделяемое продуктом, будет максимальным в начале процесса и минимальным в конце; соответственно изменяется и тепловая нагрузка на охлаждающие устройства (или количество тепла, воспринимаемое приборами охлаждения).

Продукт охлаждается в результате отдачи теплоты в окружающую среду. Количество тепла, выделяемое 1 кг продукта при его охлаждении в любом заданном интервале температур  $q_0$  (кДж/кг), легко определяется также по разности энтальпий:

$$q_0 = i_n - i_v \quad (6.6)$$

Общее же количество тепла  $Q_0$  (в кДж) при охлаждении  $m_n$  кг продукта будет составлять:

$$Q_0 = m_n q_0 \quad (6.7)$$

В приведенных формулах  $i_n$  – энтальпия продукта при  $t_n$ , кДж/кг;  $i_v$  – энтальпия продукта при  $t_v$  или какой-либо иной промежуточной температуре, кДж/кг;  $q_0$  – количество тепла, выделяемое 1 кг продукта при охлаждении от  $t_n$  до  $t_v$ , кДж/кг.

Значения энтальпии берут из соответствующих таблиц.

*Среднеобъемной температурой тела*, температурное поле которого непостоянно, называется температура, которая может быть достигнута, если объект поместить в адиабатные условия:

$$t_v = t_z - \Psi(t_z - t_p), \quad (6.8)$$

где  $t_v$  – среднеобъемная температура, °С;  $t_z$  – конечная температура в центре продукта, °С;  $t_p$  – конечная температура на поверхности продукта, °С;  $\Psi$  – коэффициент, определяемый формой тела: при охлаждении в воздухе  $\Psi$  для пластины равен 1/3, цилиндра – 1/2, шара – 3/5; при охлаждении в жидкости  $\Psi$  для пластины равен 1/4, цилиндра – 2/5, шара – 1/2.

При линейном распределении температур среднеобъемная температура пластины приближенно может быть найдена как средняя арифметическая температура поверхности и центра продукта:

$$t_v = \frac{(t_z + t_p)}{2}, \quad (6.9)$$

Знание среднеобъемной температуры продукта важно с практической точки зрения. Например, когда продукт после охлаждения направляют в камеру холодильного хранения, то это не должно вызывать повышения или понижения температуры в камере. Поэтому обязательным условием является соответствие среднеобъемной температуры продукта температуре воздуха в камере хранения.

### ***Способы расчета продолжительности охлаждения***

Продолжительность охлаждения продуктов зависит от их свойств, свойств охлаждающей среды и условий, при которых протекает процесс (тол-

щина продукта, его ТФХ, плотность, температура и вид охлаждающей среды, скорость и характер движения среды, коэффициент теплоотдачи от продукта к охлаждающей среде).

Для расчета продолжительности охлаждения продукта необходимо точное выражение упомянутой выше сложной зависимости – знание количественных выражений постоянных и переменных показателей продукта и охлаждающей среды. В связи с этим расчет продолжительности охлаждения продукта труден и сложен, а на практике продолжительность охлаждения определяют на основе опытных данных.

Для приблизительного расчета продолжительности охлаждения условно несколько упрощают процесс, в действительности состоящий из ряда разнообразных физических явлений. Так, например, отвод тепла при охлаждении рассматривается в условиях постоянных ТФХ объекта, постоянной температуры теплоотводящей среды и постоянного коэффициента теплоотдачи на поверхности тела, а также отсутствия внешнего и внутреннего источников тепла.

Относительно простое и вместе с тем удобное для практических целей решение задачи, даёт формула А. Фикина. Это решение используется для приближенной оценки длительности охлаждения.

$$\tau_0 = \frac{FR^2}{a_0} \left[ \left( \frac{2,3}{Bi_0} + 0,8 \right) \lg \frac{t_n - t_c}{t_z - t_c} + 0,12 \right], c \quad (6.10)$$

где  $F$  – коэффициент, учитывающий форму продукта (для тела в форме пластины  $F = 1$ , для цилиндра  $F = 1/2$ , для шара  $F = 1/3$ );  $R$  – определяющий геометрический размер тела, м (половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара);  $a$  – коэффициент температуропроводности продукта,  $m^2/c$ ;  $t_c$  – температура охлаждающей среды,  $^{\circ}C$ ;  $t_n$  и  $t_z$  – соответственно начальная и конечная температура центра охлаждаемого продукта,  $^{\circ}C$ ;  $Bi_0$  – критерий Био, определяемый по формуле 6.11:

$$Bi_0 = \frac{\alpha R}{\lambda_0}, \quad (6.11)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от продукта к среде,  $Вт/(м^2 \cdot К)$ ;  $\lambda_0$  – теплопроводность продукта,  $Вт/(м \cdot К)$ .

При решении задачи следует обратить внимание на  $\alpha$   $Вт/(м^2 \cdot К)$ ;  $R$ , м;  $t_c$ ,  $^{\circ}C$  – параметры, определяющие интенсивность охлаждения продуктов, поскольку интенсивность процесса охлаждения влияет на длительность последующего холодильного хранения.

Решение задачи упрощается, если для решения используются номограммы для тел стандартной стереометрической формы (приложение А). В методи-

ческом указании представлены номограммы для тел, форма которых подобна пластине и шару. На практике наиболее часто требуется оценить длительность охлаждения продукта в его центре.

При оценке длительности охлаждения на основе номограмм, решение задачи сводится к последовательному определению величин:

– безразмерной температуры  $\theta$  или  $(1 - \theta)$  в зависимости от используемого графика) по формуле (6.12) (точка **A** на рисунке 6.1)

$$\theta_{(v,p,z)} = \frac{t_{(v,p,z)} - t_c}{t_n - t_c}, \quad (6.12)$$

где  $t_{(v, p, z)}$  – конечная температура процесса, которая может быть соответственно среднеобъемной, температурой поверхности и температурой центра, °С.

– кривой, соответствующей величине критерия Био. Пересечение горизонтальной линии из точки **A** с кривой  $Bi$  даёт точку **B**.

– перпендикуляр на линию, соответствующую критерию Фурье (формула 6.13) приводит к точке **C**.

$$F_o = \frac{a_0 \tau_0}{R^2}, \quad (6.13)$$

где  $\tau_0$  – продолжительность охлаждения,  $a_0$  – коэффициент температуропроводности,  $m^2/c$ ,  $R$  – определяющий геометрический размер тела, м.

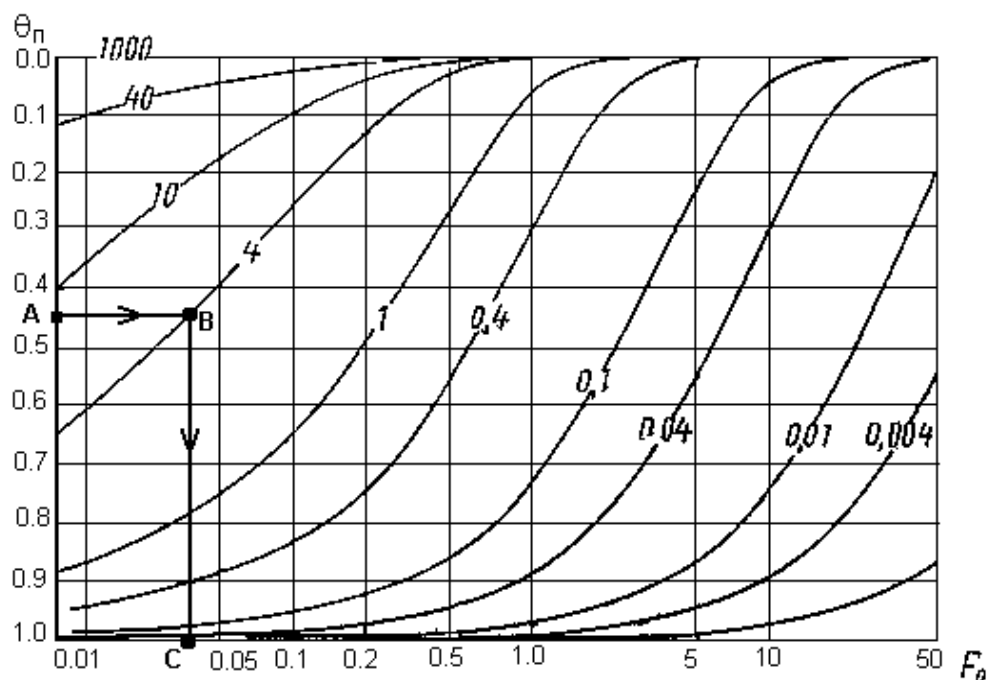


Рисунок 6.1 – Порядок пользования номограммой

Из величины числа Фурье ( $F_o$ ) определяется длительность охлаждения продукта:

$$\tau_o = \frac{F_o R^2}{a_0} \quad (6.14)$$

Количество теплоты, отводимой в процессе охлаждения, определяется по формуле (6.15):

$$Q = m_{\text{п}} c_{\text{п}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \quad (6.15)$$

где  $m_{\text{п}}$  – масса охлаждаемого продукта, кг;  $c_{\text{п}}$  – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);  $t_{\text{н}}$  – начальная температура, К;  $t_{\text{к}}$  – конечная температура, К.

Средний часовой расход холода определяют по формуле (6.16):

$$Q_{\text{ч}} = \frac{Q}{\tau} \quad (6.16)$$

где  $Q$  – количество теплоты, отводимой от продукта, кДж;  $\tau$  – продолжительность охлаждения, ч.

Количество теплоты, которое необходимо отвести, можно определить по разности энтальпий по формуле (6.17):

$$Q = m_{\text{п}} (i_{\text{н}} - i_{\text{к}}) \quad (6.17)$$

где  $i_{\text{н}}$  – удельная энтальпия рыбы в начале охлаждения, кДж/кг;  $i_{\text{к}}$  – удельная энтальпия в конце охлаждения, кДж/кг.

Массу льда, теоретически необходимого для охлаждения, определяют по формуле (6.18):

$$m_{\text{л}} = \frac{Q}{r + c_{\text{л}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})} \quad (6.18)$$

где  $Q$  – количество теплоты, отводимой при охлаждении, кДж;  $r$  – теплота плавления льда, кДж/кг,  $r = 334,4$  кДж/кг;  $c_{\text{л}}$  – теплоемкость льда, кДж/(кг·К).

При охлаждении наблюдаются различные потери холода в окружающую среду. Поэтому применяемые в промышленности нормы расхода значительно отличаются от теоретически рассчитанного расхода льда. Разницу между практическим и теоретическим расходом льда называют «запасом» льда.

При охлаждении рыбы в таре учитывают расход холода на охлаждение тары:

$$Q_{\text{т}} = m_{\text{т}} c_{\text{т}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \quad (6.19)$$

где  $m_{\text{т}}$  – масса тары, кг;  $c_{\text{т}}$  – теплоемкость материалы тары, кДж/(кг·К);  $t_{\text{н}}$  – начальная температура, °С;  $t_{\text{к}}$  – конечная температура, °С.

### Специфика охлаждения рыбы.

На судах с охлаждаемыми трюмами для охлаждения и транспортирования рыбы в ящиках в холодное время года расходуется 30 %, а в теплое 40 % льда к массе рыбы.

Для охлаждения рыбы смесью льда и соли при транспортировании в прохладное время года расход льда составляет 50–60 % к массе рыбы,



соли –5 % к массе льда. В жаркое время года при температуре воздуха 25 °С и выше лед берут в количестве 100 %, а соль – 5–10 % к массе рыбы.

В качестве охлаждающей жидкости используют морскую воду или 2–4%-й раствор поваренной соли в пресной воде. Температура охлаждающей жидкости в пределах 0...-2 °С, а соотношение массы рыбы и воды от 1:1 до 1:2.

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с принципами расчета теплофизических характеристик рыбы и количества холода, необходимого для ее охлаждения, способами расчета продолжительности охлаждения рыбы.

2. Ознакомьтесь с примером 1 решения и решите следующие задачи:

2.1. Лосось атлантический ( $W=72\%$ ) в количестве 3000 кг охлаждается от 10 до 0 °С. Какое количество теплоты для этого необходимо отвести?

2.2. Рыба в количестве 30 000 кг расфасована по 20 кг в ящики и охлаждается от 20 до 2 °С. Масса одного ящика 5 кг. Определите расход теплоты на охлаждение ящиков, изготовленных из пластмассы теплоемкостью 1,801 кДж/(кг·К)

2.3 Рыба транспортируется в жаркое время года. Определите количество льда и соли необходимого для охлаждения 20 т рыбы. На сколько сократился бы расход льда и соли на охлаждение рыбы, если бы она транспортировалась в прохладных условиях?

2.4. В качестве охлаждающей жидкости используется 3%-й раствор поваренной соли. Какое количество соли потребуется для приготовления раствора для охлаждения 10 т рыбы, если соотношение массы рыбы и воды 1:1?

2.5. Определите массу льда, теоретически необходимую для 5000 кг рыбы ( $W=80\%$ ) при ее охлаждении от 20 до 0 °С, удельная теплоемкость льда 2,12 кДж/(кг·К).

2.6. Какое количество теплоты необходимо отвести от 3000 кг балтийской сельди ( $W=82\%$ ) при ее охлаждении от 15 до 2 °С?

2.7. Рыба транспортируется на судах с охлаждающимися трюмами. На сколько больше рыбы можно транспортировать в холодное время года, чем в теплое, если количество льда, расходуемого на охлаждение, одно и то же?

3. Ознакомьтесь с примером решения 2 и решите задачи в соответствии с заданием преподавателя.

3.1 Продукт, форму которого можно приближенно считать безграничной пластиной, толщиной  $\delta$  охлаждается в холодильной камере, температура воздуха в которой  $t_c$ , коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Начальная температура продукта  $t_n$ .

Определите теплофизические свойства продукта: теплоемкость, коэффициент температуропроводности.

Найдите длительность охлаждения и количество отведенной теплоты.

Какая при этом будет температура наружных поверхностей или центра (в зависимости от задания) и среднеобъемная температура?

При расчете охлаждение считать двусторонним симметричным. Массу продукта при расчетах принять 10 кг.

Задачу решите с использованием номограмм и формулы А. Фикина.

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Варианты заданий для задачи 3.1

Исходные данные		№ варианта							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Продукт		Лещ		Камбала		Палтус		Мясные полутуши	
Массовая доля влаги W, %		75,4	77,8	79,7	80,4	70,6	70,2	71,5	76,7
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		1005	1010	1040	1050	1030	1027	1070	1074
Коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·К)		0,44	0,46	0,47	0,47	0,41	0,40	0,50	0,51
Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)		116	250	250	116	116	250	24	23
Средняя толщина $\delta$ , мм		50	60	20	22	40	45	150	250
Начальная температура продукта $t_n$ , °С		25	22	18	23	20	18	20	25
Температура воздуха в камере охлаждения $t_c$ , °С		0	-1	-2	0	0	-1	-2	-2
Температура продукта в конце процесса охлаждения, °С	на поверхности $t_p$ (x/R=1)	-	1	-	1	-	1	-	-1
	в центре $t_z$ (x/R=0)	5	-	2	-	2	-	3	-

3.2. Проведите расчет аналогично задания 3.1, но в холодильной камере охлаждается продукт, форма которого близка к форме шара.

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Варианты заданий для задачи 3.2

Исходные данные		№ варианта				
		1	2	3	4	5
Продукт		Котлеты куриные	Зразы говяжьи	Котлеты свиные	Тефтели рыбные	Ветчина
Массовая доля влаги W, %		74	71	52	72	48
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		940	1015	990	1010	975

Исходные данные		№ варианта				
		1	2	3	4	5
Коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·К)		0,41	0,48	0,47	0,46	0,41
Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)		11	12	10	15	15
Средний диаметр $\delta$ , мм		60	50	55	40	200
Начальная температура продукта $t_n$ , °С		20	95	15	98	80
Температура воздуха в камере охлаждения $t_c$ , °С		-2	-2	-2	-2	0
Температура продукта в конце процесса охлаждения, °С	на поверхности $t_p$ (x/R=1)	0	-	1	-	10
	в центре $t_z$ (x/R=0)	-	5	-	10	-

### Примеры решения задач

#### Пример 1

**Задание:** Определить количество теплоты, которая будет отведена при охлаждении 5000 кг морского окуня при температуре от 20 до 0 °С.

**Решение:**

Количество теплоты определяется по формуле (6.4):

$$Q_0 = m_{\text{п}} c_0 (t_n - t_v)$$

где  $m_{\text{п}}$  – масса охлаждаемого продукта, кг;  $c_0$  – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);  $t_n - t_v = \Delta t$  – соответственно разница между начальной  $t_n$  и конечной среднеобъемной  $t_v$  температурой продукта, °С.

$$c_0 = c_w W + c_c (1 - W),$$

где  $c_w$  – теплоемкость воды,  $c_w = 4,19$  кДж/(кг·К);  $c_c$  – теплоемкость сухих веществ,  $c_c = 1,42$  кДж/(кг·К) – для продуктов животного происхождения;  $W$  – содержание воды в продукте, кг/кг (для морского окуня  $W=80$  % или 0,8 кг/кг).

Таким образом,  $c_0 = 4,19 \cdot 0,8 + 1,42(1 - 0,8) = 3,63$  кДж/(кг · К).

$$Q_0 = 5000 \cdot 3,63 \cdot (20 - 0) = 3,63 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

**Ответ:** Количество отводимого тепла будет равно  $3,63 \cdot 10^5$  кДж.

#### Пример 2

**Задание:** В холодильной камере охлаждается продукт в форме пластины размером 2,0х2,0х0,2 м, от начальной температуры  $t_n = 50$  °С. Температура воздуха в камере  $t_c = 0$  °С, коэффициент теплоотдачи  $\alpha = 15$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Содержание влаги в продукте  $W = 60,0$  %, плотность  $\rho = 580$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности  $\lambda_0 = 0,50$  Вт/(м·К).

Определите теплофизические свойства продукта: теплоемкость, коэффициент температуропроводности.

Найдите длительность охлаждения продукта и количество отведенной теплоты до получения температуры ее средней плоскости, равной  $t_z (x/R=0) = 20^\circ\text{C}$ . Какая при этом будет температура наружных поверхностей и среднеобъемная температура?

При расчете охлаждения считать двусторонним симметричным. Массу продукта при расчетах принять 10 кг.

Задачу решите двумя способами.

*Решение*

Поскольку толщина продукта на порядок меньше двух других размеров, по форме ее можно считать близкой к плоской безграничной пластине. Характерным размером пластины при симметричном охлаждении является половина толщины  $R = 0,2/2 = 0,1$  м.

Определим теплофизические свойства.

Теплоемкость определяем по формуле 6.1 :

$$\begin{aligned} c_0 &= c_w W + c_c (1 - W) = 4,19 \cdot 0,6 + 1,42 \cdot (1 - 0,6) = 3,08 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \\ &= 3,08 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \end{aligned}$$

Определим температуропроводность по формуле 6.2:

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{c_0 \rho} = \frac{0,50}{3,08 \cdot 10^3 \cdot 580} = 2,8 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Вычисляем критерий Био (формула 6.11):

$$Bi_0 = \frac{\alpha R}{\lambda_0} = \frac{15 \cdot 0,1}{0,5} = 3$$

Определяем безразмерную температуру (формула 6.12):

$$\theta_z = \frac{t_z - t_c}{t_n - t_c} = \frac{20 - 0}{50 - 0} = 0,4$$

Следовательно  $\theta_z = \theta_0$ , тогда  $(1 - \theta_0) = 0,6$ .

При использовании номограммы (Приложение А) для центра пластины по известным  $(1 - \theta_0)$  и  $Bi$  определяем критерий Фурье:  $F_o = 0,8$

Следовательно продолжительность охлаждения:

$$\tau_o = \frac{F_o R^2}{a_0} = \frac{0,8 \cdot 0,1^2}{2,8 \cdot 10^{-7}} = 28571 \text{ с} = 7,9 \text{ ч.}$$

По номограмме для поверхности пластины (приложение А), зная критерии  $Bi$  и  $F_o$  находим  $(1 - \theta_{cm}) = (1 - \theta_p) = 0,96$ .

Следовательно  $\theta_p = 1 - 0,96 = 0,04$ .

Выводим  $t_p$  из формулы (6.12) для безразмерной температуры:

$$t_p = \theta_p \cdot (t_n - t_c) + t_c = 0,04 \cdot (50 - 0) + 0 = 2^\circ\text{C}.$$

Поскольку у нас безграничная пластина, воспользуемся формулой (6.9) для определения среднеобъемной температуры:

$$t_v = \frac{(t_z + t_p)}{2} = \frac{20 + 2}{2} = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Кроме того, определим среднеобъемную температуру по соответствующей номограмме (рис. А6, приложения А), используя критерии  $Bi$  и  $F_o$ . Находим  $(1 - \theta_{cp}) = (1 - \theta_v) = 0,7$ .

Следовательно  $\theta_v = 1 - 0,7 = 0,3$ .

Выводим искомую среднюю по объему температуру  $t_v$  из формулы (6.12) для безразмерной температуры:

$$t_v = \theta_v \cdot (t_n - t_c) + t_c = 0,3 \cdot (50 - 0) + 0 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Количество теплоты, отведенной от продукта к моменту времени  $\tau_0$ , подсчитываем по формулам (6.4) и (6.5):

$$Q_0 = Gc_0(t_n - t_v) = 10 \cdot 3,08(50 - 11) = 1201,2 \text{ кДж} \quad Q_0 =$$

$$Gc_0(t_n - t_v) = 10 \cdot 3,08(50 - 15) = 1078 \text{ кДж}$$

$$Q_0 = Gc_0(t_n - t_c)(1 - \theta_v) = 10 \cdot 3,08(50 - 0) \cdot (1 - 0,3) = 1078 \text{ кДж}$$

Продолжительность охлаждения можно определить с использованием эмпирической формулы А. Фикина (6.10). Это решение используется для приближенной оценки длительности охлаждения.

$$\tau_0 = \frac{FR^2}{a_0} \left[ \left( \frac{2,3}{Bi_0} + 0,8 \right) \lg \frac{t_n - t_c}{t_z - t_c} + 0,12 \right] = \frac{1 \cdot 0,1^2}{2,8 \cdot 10^{-7}} \left[ \left( \frac{2,3}{3} + 0,8 \right) \lg \frac{50 - 0}{20 - 0} + 0,12 \right] = 26785,7 \text{ с} = 7,4 \text{ ч. ч}$$

**Ответ:** Теплоемкость продукта 3,08 кДж/(кг·К), температуропроводность  $2,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ , температура поверхности 2 °С, среднеобъемная температура 11 °С и 15 °С, продолжительность охлаждения 7,9 и 7,4 ч, количество отведенной теплоты от 10 кг продукта 1201,2 кДж и 1078 кДж.

4. Оформите отчет по работе.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Какой должна быть температура охлажденного продукта?
2. От чего зависит криоскопическая температура?
3. Как изменяются теплофизические характеристики при охлаждении?
4. От чего зависит интенсивность охлаждения продукта?
5. Что характеризует критерий Био?
6. Какими способами можно рассчитать продолжительность охлаждения?
7. Какие данные необходимы для расчета продолжительности охлаждения?
8. Почему важно знать среднеобъемную температуру продукта?
9. Как пользоваться номограммами?
10. На чем основан расчет количества теплоты, которую необходимо отвести от продукта при охлаждении?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7 (2 ч) РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗАМОРАЖИВАНИЯ СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

**Цель:** формирование умений и навыков расчета теплофизических характеристик продуктов питания при замораживании и продолжительности процесса замораживания пищевых продуктов.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

*Замораживание* – консервирование сырья при температурах, значительно ниже криоскопических температур тканевого сока, когда большая часть воды, содержащейся в биологическом объекте, превращается в лед. При замораживании водного сырья применяют температуру – 18°C – (- 25)°C.

*Криоскопической температурой*  $t_{кр}$  принято считать температуру начала выпадения твердой фазы (кристаллов) из тканевой жидкости продукта. Значения криоскопической температуры различны для каждого вида продуктов. Для технических расчетов криоскопическую температуру часто принимают равной минус 1 °C.

***Изменение теплофизических характеристик продуктов при замораживании.***

В холодильной технологии воду, превратившуюся в лед, называют *вымороженной*. *Количество вымороженной воды* в продукте – это количество льда, отнесенное к начальному содержанию воды, являющееся функцией температуры. Приблизительно оно может быть определено по формуле (7.1):

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t_v}, \quad (7.1)$$

где  $\omega$  – количество вымороженной воды, кг/кг;  $t_{кр}$  – криоскопическая температура, °C;  $t_v$  – среднеобъемная (расчетная) температура продукта, °C.

Формула справедлива при замораживании до температур, при которых вся свободная вода превращается в лед (- 30 – (- 36) °C), но и в этом интервале температур расчетная доля вымороженной воды будет несколько завышенной, так как не учитывается связанная вода, содержащаяся в тканях. Для более точного расчета количества вымороженной воды рекомендуется формула (7.2), предложенная Д. Г. Рютовым:

$$\omega = \left(1 - \frac{b(1-W)}{W}\right) * \left(1 - \frac{t_{кр}}{t_v}\right), \quad (7.2)$$

где  $W$  – общее содержание воды в продукте, кг/кг продукта;  $b$  – содержание связанной воды, кг/кг сухих веществ.

Для расчетов количество связанной воды в продуктах животного происхождения берут  $b = 0,27$  кг/кг, растительного –  $b = 0,12$  кг/кг сухого вещества.

В области положительных температур теплофизические характеристики сырья меняются незначительно, и их принимают постоянными. Когда температура становится ниже криоскопической, теплофизические характеристики продукта существенно изменяются вследствие льдообразования и различия свойств воды и льда, а также тепловых эффектов, сопровождающих этот процесс.

Расчетную удельную теплоемкость мороженого продукта  $c_m$  определяют по формуле (7.3):

$$c_m = c_w W(1 - \omega) + c_a W\omega + c_c(1 - W), \quad (7.3)$$

где  $c_w$  – теплоемкость воды,  $c_w = 4,19$  кДж/(кг·К);  $c_c$  – теплоемкость сухих веществ,  $c_c = 1,42$  кДж/(кг·К) – для продуктов животного происхождения,  $c_c = 0,91$  кДж/(кг·К) – для продуктов растительного происхождения;  $c_a$  – теплоемкость льда,  $c_a = 2,1$  кДж/(кг·К);  $W$  – содержание воды в продукте, кг/кг;  $\omega$  – количество вымороженной воды, кг/кг.

Открыв скобки в первом слагаемом уравнения, группируя подобные члены и принимая во внимание выражение для расчета  $c_0$  (см. формулу 6.1), получим:

$$c_m = c_0 - (c_w - c_a)W\omega, \quad (7.4)$$

Приняв  $c_w = 4,19$  кДж/(кг · К) и  $c_a = 2,1$  кДж/(кг · К), получим

$$c_m = c_0 - 2,1W\omega, \quad (7.5)$$

Теплопроводность характеризует способность тела нагреваться или охлаждаться. Поскольку теплопроводность льда примерно в 4 раза больше теплопроводности воды, то при замораживании  $\lambda$  увеличивается.

Теплопроводность замороженных продуктов  $\lambda_m$  можно определить по формуле (7.6):

$$\lambda_m = \lambda_0 + \omega\Delta\lambda, \quad (7.7)$$

где  $\Delta\lambda$  – изменение теплопроводности в интервале температур от  $t_{кр}$  до температуры, соответствующей завершению льдообразования; для продуктов, содержащих 70–80 % воды,  $\Delta\lambda = 0,93 - 1,16$  Вт/(м · К).

Коэффициент температуропроводности  $a_m$  рассчитывается исходя из  $c_m$  и  $\lambda_m$  (6.2).

Для расчета среднеобъемной температуры продукта, когда температура его термического центра меньше - 5 °С наряду с формулами (6.9) и (6.12) удобно пользоваться формулой (7.8).

$$t_v = t_z - \Psi \frac{Bi_m}{Bi_m + n} (t_z - t_c), \quad (7.8)$$

где  $\Psi$  – коэффициент, определяемый формой тела (при охлаждении в воздухе  $\Psi$  для пластины равен 1/3, цилиндра – 1/2, шара – 3/5; при охлаждении в жидкости  $\Psi$  для пластины равен 1/4, цилиндра – 2/5, шара – 1/2),  $n$  – коэффициент, зависящий от метода охлаждения (при воздушном охлаждении  $n=2$ , при охлаждении в жидкости  $n=3$ );  $Bi_m$  – критерий Био для замороженного продукта:

$$Bi_m = \frac{\alpha R}{\lambda_m}, \quad (7.9)$$

где  $R$  – определяющий геометрический размер тела, м (половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара);  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, м<sup>2</sup>/с.

**Способы определения количества холода, отводимого в процессе замораживания, и продолжительности замораживания.**

*Теплота, отводимая от продукта при замораживании*, складывается из теплоты охлаждения продукта от начальной температуры до криоскопической, теплоты льдообразования, теплоты, отводимой при понижении температуры от криоскопической до средней конечной температуры мороженого продукта и определяется по формуле (7.10):

$$q_m = c_0(t_n - t_{кр}) + W\omega r_a + c_m(t_{кр} - t_v), \text{ кДж/кг}$$

или

$$Q_m = m_n[c_0(t_n - t_{кр}) + W\omega r_a + c_m(t_{кр} - t_v)], \text{ кДж} \quad (7.10)$$

где  $q, Q$  – теплота, отводимая при замораживании;  $m_n$  – масса продукта, кг;  $c_0$  и  $c_m$  – удельная теплоемкость при температуре соответственно выше криоскопической и среднеобъемной конечной, кДж/(кг·К);  $t_n$  и  $t_{кр}$  – начальная и криоскопическая температуры, °С;  $t_v$  – среднеобъемная конечная температура мороженой продукции, °С;  $W$  – содержание воды в продукте, кг/кг;  $\omega$  – количество вымороженной воды при  $t_v$  кг/кг воды;  $r_a$  – удельная теплота льдообразования,  $r_a = 335,2$  кДж/кг.

Известна и более простая формула (7.11) вычисления теплоты, отводимой от продукта при замораживании

$$Q_m = m_n(i_n - i_v), \quad (7.11)$$

где  $(i_n - i_v)$  – разность удельных энтальпий при среднеобъемных начальной и конечной температурах, кДж/кг.



Продолжительность процесса замораживания  $\tau_m$  – время, необходимое для охлаждения тела от начальной до заданной температуры с учетом превращения в лед воды, содержащейся в тканях. Продолжительность замораживания зависит от многих факторов и обычно ее определяют экспериментальным путем, однако известно также несколько расчетных способов нахождения  $\tau_m$ , из которых в холодильной технологии широко распространены формула Р. Планка и формула Д. Г. Рютова.

Формула Р. Планка для расчета продолжительности замораживания имеет следующий вид (7.12):

$$\tau_m = \frac{q\rho}{t_{кр}-t_c} F \frac{\delta}{2} \left( \frac{\delta}{4\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (7.12)$$

где  $\delta$  – толщина пластины, диаметр цилиндра или шара, м,  $F$  – коэффициент, учитывающий форму продукта (для тела в форме пластины  $F = 1$ , для цилиндра  $F = 1/2$ , для шара  $F = 1/3$ );,  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>.

Уравнение Р. Планка дает лишь приближенное значение  $\tau_m$ , хотя как фундаментальная формула она включена в рекомендации Международного института холода.

Из многочисленных попыток усовершенствовать формулу Р. Планка следует отметить получившую наиболее широкое распространение формулу Д. Г. Рютова (7.13):

$$\tau_m = \frac{\rho}{\lambda_m} F \left[ \frac{q(1+0,0053t_n)}{8(t_{кр}-t_c)} + \frac{nc_m}{\pi^2} \left( \ln \frac{t_{кр}-t_c}{t_z-t_c} - 0,21 \right) \right] \delta \left( \delta + \frac{4\lambda_m}{\alpha} \right), \quad (7.13)$$

где  $\delta$  – толщина пластины, диаметр цилиндра или шара, м,  $F$  – коэффициент формы;  $t_n$  – начальная температура, °С;  $t_z$  – конечная температура в центре продукта, °С;  $c_m$  – теплоемкость замороженного продукта, кДж/(кг·К);  $n$  – поправочный коэффициент, зависящий от скорости замораживания (1,03 – при быстром замораживании (рассол), 1,16 – при медленном (воздух)).

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь со способами расчета продолжительности замораживания.
2. Изучите пример решения и решите задачи по заданию преподавателя.
  - 2.1. Продукт толщиной  $\delta$  замораживается в камере, температура в которой  $t_c$ , коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Начальная температура продукта  $t_n$ .

Определите количество вымороженной воды и теплофизические свойства мороженого продукта: теплоемкость  $c_m$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda_m$  и температуропроводности  $a_m$ .

Найдите количество отведенной теплоты  $q_m$  и  $Q_m$  до получения среднеобъемной температуры  $t_v$ , температуру наружных поверхностей  $t_p$  и центра  $t_z$  при заданной среднеобъемной температуре, продолжительность замораживания по формуле Р. Планка и по формуле Д. Г. Рютова.

При расчете продолжительности замораживания тел плоской формы продукт приближенно считать неограниченной пластиной, а охлаждение – двусторонним симметричным. Продукты друг с другом не соприкасаются.

Массу продукта при расчетах принять 10 кг.

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Варианты заданий для задачи 2.1

Исходные данные	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
Продукт	Блок салаки	Лещ	Камбала	Палтус	Филе цыпленка	Мясные полутуши
Массовая доля влаги $W$ , %	78,2	76,2	79,7	70,2	74,5	75,3
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1015	1005	1040	1027	1025	1075
Коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·К)	0,47	0,45	0,47	0,40	0,46	0,51
Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	50	50	250	250	50	150
Средняя толщина $\delta$ , мм	60	40	20	45	20	230
Начальная температура продукта $t_n$ , °С	20	18	18	18	18	15
Температура охлаждающей среды $t_c$ , °С	-30	-30	-40	-50	-30	-45
Температура продукта в конце процесса замораживания $t_v$ , °С	-18	-18	-15	-30	-20	-35
Охлаждающая среда	воздух	воздух	рассол	рассол	воздух	воздух

2.2. Проведите расчет аналогично задания 2.1, но для продукта, форма которого близка к форме шара. Определите те же показатели.

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Варианты заданий для задачи 2.2

Исходные данные	№ варианта				
	1	2	3	4	5
Продукт	Котлеты куриные	Зразы говяжьи	Котлеты свиные	Тефтели рыбные	Головки голландского сыра
Массовая доля влаги W, %	74	71	52	72	33
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	940	1015	990	1010	1100
Коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·К)	0,41	0,48	0,47	0,46	0,35
Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	15	300	30	15	250
Средний диаметр $\delta$ , мм	60	50	55	40	180
Начальная температура продукта $t_n$ , °С	20	15	15	18	28
Температура охлаждающей среды $t_c$ , °С	-30	-45	-40	-30	-50
Температура продукта в конце процесса замораживания $t_v$ , °С	-20	-30	-30	-18	-30
Охлаждающая среда	воздух	воздух	воздух	воздух	воздух

### 3. Оформите отчет по работе.

#### *Пример решения задачи*

**Задание:** Блок рыбного фарша толщиной 46 мм замораживается в камере, температура воздуха в которой -35 °С, коэффициент теплоотдачи 50 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Начальная температура продукта 15 °С, содержание влаги 77 %,  $\lambda_0 = 0,47$  Вт/(м·К).

Определить теплофизические свойства мороженого продукта:  $c_m$ ,  $\lambda_m$  и  $a_m$ .

Найти количество отведенной теплоты  $Q_m$  до получения среднеобъемной температуры -18 °С, температуру наружных поверхностей  $t_p$  и центра  $t_z$  при заданной среднеобъемной температуре, продолжительность замораживания по формуле Р. Планка и по формуле Д. Г. Рютова.

Массу продукта при расчетах принять 10 кг.

*Решение:*

Рассчитаем теплофизические свойства мороженого продукта.

Количество вымороженной влаги рассчитываем по формуле 7.2:

$$\omega = \left(1 - \frac{b(1 - W)}{W}\right) * \left(1 - \frac{t_{кр}}{t_v}\right) = \left(1 - \frac{0,27(1 - 0,77)}{0,77}\right) * \left(1 - \frac{(-1)}{(-18)}\right) = 0,87$$

Расчетную удельную теплоемкость мороженого продукта  $c_m$  определяем по формуле 7.3:

$$\begin{aligned} c_m &= c_w W(1 - \omega) + c_a W \omega + c_c(1 - W) \\ &= 4,19 \cdot 0,77 \cdot (1 - 0,87) + 2,1 \cdot 0,77 \cdot 0,87 + 1,42 \cdot (1 - 0,77) \\ &= 2,15 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

Или по формуле 7.5:

$$\begin{aligned} c_0 &= c_w W + c_c(1 - W) = 4,19 \cdot 0,77 + 1,42 \cdot (1 - 0,77) = 3,55 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K}) \\ c_m &= c_0 - 2,1 W \omega = 3,55 - 2,1 \cdot 0,77 \cdot 0,87 = 2,15 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

Теплопроводность  $\lambda_m$  определяем по формуле 7.7:

$$\lambda_m = \lambda_0 + \omega \Delta \lambda = 0,47 + 0,87 \cdot 1,05 = 1,38 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$$

Коэффициент температуропроводности рассчитываем по формуле (6.2):

$$a_m = \frac{\lambda_m}{c_m \rho} = \frac{1,38}{2,15 \cdot 10^3 \cdot 1020} = 6,29 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$$

Расчитываем количество отведенной теплоты  $Q$  до получения среднеобъемной температуры  $-18^\circ\text{C}$  (формула 7.10):

$$\begin{aligned} Q_m &= m_{\pi} [c_0(t_n - t_{\text{кр}}) + W \omega r_a + c_m(t_{\text{кр}} - t_v)] \\ &= 10 [3,55 \cdot (15 - (-1)) + 0,77 \cdot 0,87 \cdot 335,2 + 2,15((-1) - (-18))] = 3179 \text{ кДж} \end{aligned}$$

Температуру наружных поверхностей  $t_p$  и центра  $t_z$  при заданной среднеобъемной температуре определяем по формуле (7.8). Для этого сначала определяем значение критерия Био по формуле (7.9):

$$Bi_m = \frac{\alpha R}{\lambda_m} = \frac{50 \cdot 0,023}{1,38} = 0,83$$

Находим значение температуры в центре  $t_z$  из формулы 7.8:

$$\begin{aligned} t_v &= t_z - \Psi \frac{Bi_m}{Bi_m + n} (t_z - t_c) \\ (-18) &= t_z - \frac{1}{3} \cdot \frac{0,83}{0,83 + 2} (t_z - (-35)) = t_z - 0,1(t_z + 35) \end{aligned}$$

$$t_z = -16,2^\circ\text{C}$$

Определяем температуру наружных поверхностей  $t_p$  из формулы (6.8):

$$t_v = t_z - \Psi(t_z - t_p), \quad (10)$$

$$t_p = 3 \left( t_v - \frac{2}{3} t_z \right) = 3 \left( (-18) - \frac{2}{3} (-16,2) \right) = -21,6^\circ\text{C}$$

Или приближенно по формуле (6.9):

$$t_v = \frac{(t_z + t_p)}{2}$$

$$t_p = 2t_v - t_z = 2 * (-18) - (-16,11) = -19,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Рассчитаем продолжительность замораживания по формуле Р. Планка (7.12):

$$\tau_m = \frac{q\rho}{t_{кр} - t_c} F \frac{\delta}{2} \left( \frac{\delta}{4\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right)$$

$$= \frac{317,9 \cdot 10^3 \cdot 1020}{-1 - (-35)} \cdot 1 \cdot \frac{0,046}{2} \left( \frac{0,046}{4 \cdot 1,38} + \frac{1}{50} \right) = 6199,1 \text{ с}$$

$$= 1,7 \text{ ч}$$

Рассчитаем продолжительность замораживания по формуле Рютова (7.13):

$$\tau_m = \frac{\rho}{\lambda_m} F \left[ \frac{q(1 + 0,0053t_n)}{8(t_{кр} - t_c)} + \frac{nc_m}{\pi^2} \left( \ln \frac{t_{кр} - t_c}{t_z - t_c} - 0,21 \right) \right] \delta \left( \delta + \frac{4\lambda_m}{\alpha} \right)$$

$$= \frac{1020}{1,38} \cdot 1$$

$$\cdot \left[ \frac{317,9 \cdot 10^3 (1 + 0,0053 \cdot 15)}{8(-1 - (-35))} + \frac{1,16 \cdot 2150}{3,14^2} \left( \ln \frac{-1 - (-35)}{-16,2 - (-35)} - 0,21 \right) \right] \cdot 0,046$$

$$\cdot \left( 0,046 + \frac{4 \cdot 1,38}{50} \right) = 7205,9 \text{ с} = 2 \text{ ч}$$

*Ответ:* Теплоемкость блока рыбного фарша мороженого 2,15 кДж/(кг·К), коэффициент теплопроводности 1,38 Вт/(м·К), коэффициент температуропроводности  $6,29 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, количество вымороженной влаги 0,87, температура поверхности -21,6 °С (приблизительно -19,8 °С), температура в центре -16,2 °С, продолжительность замораживания соответственно 1,7 и 2,0 ч, количество отведенной теплоты от 10 кг фарша 3179 кДж.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Определение процесса замораживания.
2. Какую температуру называют криоскопической?
3. От каких факторов зависит количество вымороженной воды?

4. Почему изменяются теплофизические показатели мороженных продуктов в сравнении с охлажденными?
5. Как рассчитывается теплота, отводимая от продукта при замораживании?
6. Какие процессы характеризуют слагаемые в формуле для расчета теплоты, отводимая от продукта при замораживании?
7. От каких факторов зависит продолжительность процесса замораживания?
8. Дайте определение процессу размораживания.
9. Какие способы размораживания Вам известны?
10. Как происходит размораживание продуктов в воде и на воздухе?
11. Какие изменения происходят в продукте при размораживании?
12. Как рассчитать количество теплоты, необходимое для размораживания продукта?
13. Какие формулы используют для расчета продолжительности размораживания?
14. Теплофизические характеристики замороженного или размороженного слоя используются при расчетах продолжительности размораживания?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 (2 ч)

### РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕФРОСТАЦИИ СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

**Цель:** формирование умений и навыков расчета теплофизических характеристик продуктов питания при размораживании и продолжительности процесса дефростации пищевых продуктов.

#### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

**Размораживание** – завершающая стадия низкотемпературной обработки продуктов. Это тепловой процесс, при котором определенное количество теплоты передается продукту для повышения его температуры от начальной (-18–(-25) °C) до минус 1 °C. В соответствии с современными представлениями размораживание рассматривается как процесс, обратный замораживанию. Он состоит в таянии кристаллов льда и восстановлении первоначальной гистологической структуры тканей.

*Количество теплоты*, необходимой отвести от продукта до полного его размораживания, определяют по формуле (8.1):

$$Q_{\text{п}} = m_{\text{п}}[c_m(t_{\text{кр}} - t_n) + W\omega r_a + c_0(t_{\text{к}} - t_{\text{кр}})] = m_{\text{п}}(i_{\text{к}} - i_n) \quad (8.1)$$

где  $Q_{\text{п}}$  – количество теплоты, подводимой к продукту при размораживании, Дж;  $m_{\text{п}}$  – масса продукта, кг;  $(i_{\text{к}} - i_n)$  – разность удельных энтальпий при конечной  $t_{\text{к}}$  и начальной  $t_n$  температурах, кДж/кг;  $c_m$  и  $c_0$  – теплоемкость мороженого и размороженного продукта, кДж/(кг·K);  $t_{\text{кр}}$  – криоскопическая температура, °C;  $W$  – содержание влаги в продукте, доли единицы;  $\omega$  – количество вымороженной влаги, доли единицы;  $r_a$  – теплота льдообразования, кДж/кг ( $r_a = 335,2$  кДж/кг).

#### ***Способы определения продолжительности размораживания.***

Процесс размораживания протекает в соответствии с обратной кривой замораживания: температура продукта вначале возрастает до точки таяния льда, затем остается постоянной и в конце процесса повышается до требуемой.

При определении продолжительности размораживания предполагается, что отсутствуют тепловыделения в области продукта лежащей глубже границы раздела, а все тепло, выделяемое при движении границы раздела, отводится к внешней среде через замороженный слой, теплоемкость которого равна 0.

Э. Альмаши предложил вычислять продолжительность размораживания по двум стадиям: продолжительность первой стадии (от  $t_n$  до  $t_{\text{кр}}$ ) рассчитывается на основании уравнения теплопроводности для условий простого нагрева

по типу формулы А. Фикина для охлаждения, второй (от  $t_{кр}$  до  $t_k$ ) – по методу элементарных тепловых балансов.

Г. Д. Кончаков согласившись с расчетом продолжительности первой стадии процесса размораживания, предложил продолжительность второй стадии рассчитывать исходя из скорости продвижения границы раздела. Он получил формулу для расчета продолжительности второй стадии размораживания равнозначную формуле Р. Планка.

Г. Б. Чижовым было предложено продолжительность первой стадии размораживания принять равной 30 % от продолжительности второй стадии. Таким образом, в окончательном виде формула для расчета продолжительности размораживания имеет следующий вид (8.2):

$$\tau_p = \frac{q_p \rho F R}{t_c - t_{кр}} \cdot \left( \frac{R}{2\lambda_0} + \frac{1}{\alpha} \right) \cdot m, \quad (8.2)$$

где  $q_p$  – количество теплоты, подведенной к единице продукта, кДж/кг;  $\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $F$  – коэффициент формы, для пластины 1, для цилиндра 1/2, для шара 1/3;  $R$  – полутолщина (радиус) продукта, м;  $t_c$  – температура среды, °С;  $t_{кр}$  – криоскопическая температура продукта, °С;  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности размороженного слоя продукта, Вт/(м·К);  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от продукта к среде, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $m$  – множитель, учитывающий продолжительность первой стадии ( $m = 1,3$ ).

В этой формуле вместо разности температур ( $t_c - t_{кр}$ ) можно брать разность ( $t_k - t_n$ ), где  $t_k$  – конечная температура размораживаемого продукта, °С;  $t_n$  – начальная температура размораживаемого продукта, °С.

Продолжительность размораживания продуктов можно оценить и по другой, более современной и точной формуле (8.3):

$$\tau_p = \frac{q_m \rho R}{t_c - t_{кр}} * \frac{Bi}{2\alpha} \left( 1 + \frac{2c_0}{\mu_1^2 q_m} (t_c - t_{кр}) \right), c \quad (8.3)$$

где  $q_m = W \omega r_a$ , кДж/кг;  $\mu_1$  – корень характеристического уравнения для тела заданной формы, определяемый исходя из величины критерия Био (Приложение В).

Критерий Био определяют по формуле (8.4):

$$Bi_0 = \frac{\alpha R}{\lambda_0}, \quad (8.4)$$

где  $R$  – определяющий геометрический размер тела, м (половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара);  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, м<sup>2</sup>/с;  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности Вт/(м·К).



## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с принципами расчета теплофизических характеристик продуктов питания при размораживании и продолжительности процесса дефростации пищевых продуктов.

2. Ознакомьтесь с примером решения и решите задачу в соответствии с заданием преподавателя.

2.1 Продукт толщиной  $\delta$  размораживается в камере, температура в которой  $t_c = 20^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи  $\alpha = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Начальная температура продукта  $t_n$ .

Определите теплофизические характеристики продукта: теплоемкость  $c_0$ , коэффициент температуропроводности  $a_0$ .

Найти количество подведенной теплоты  $Q_p$  до получения среднеобъемной температуры  $t_{кр}$ , продолжительность размораживания по двум формулам. Массу продукта при расчетах принять 10 кг.

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Варианты заданий для задачи 2.1

Исходные данные	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
Продукт	Блок салаки	Лещ	Камбала	Палтус	Филе цыпленка	Мясные полутуши
Массовая доля влаги $W$ , %	78,7	77,8	77,6	70,0	73,8	68,6
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1016	1010	1030	1025	1015	1075
Коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·К)	0,48	0,46	0,46	0,40	0,45	0,48
Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	150	250	50	450	250	300
Средняя толщина $\delta$ , мм	60	60	25	60	40	200
Начальная температура продукта $t_n$ , °C	-18	-15	-18	-20	-30	-20

2.2. Проведите расчет аналогично задания 2.1, но для продукта, форма которого близка к форме шара. Определите те же показатели.

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Варианты заданий для задачи 2.2

Исходные данные	№ варианта				
	1	2	3	4	5
Продукт	Котлеты куриные	Зразы говяжьи	Котлеты свиные	Тефтели рыбные	Головки голландского сыра
Массовая доля влаги W, %	74	71	55	72	33
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	940	1015	1000	1010	1100
Коэффициент теплопроводности $\lambda_0$ , Вт/(м·К)	0,41	0,48	0,47	0,46	0,35
Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	15	300	350	15	250
Средний диаметр $\delta$ , мм	60	50	55	40	180
Начальная температура продукта $t_n$ , °С	-20	-30	-25	-18	-30

### 3. Оформите отчет по работе.

#### *Пример решения задачи*

**Задание:** Рассчитать теплофизические характеристики, расход теплоты, продолжительность размораживания блока фарша ( $W = 77\%$ ) толщиной  $\delta$ , плотность  $\rho$  1020 кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  50 Вт/(м<sup>2</sup>·К), коэффициент теплопроводности  $\lambda_0$  0,47 Вт/(м·К), Начальная температура продукта -18 °С, а температура среды равна 20 °С. Конечной считать криоскопическую температуру -1 °С.

Массу продукта при расчетах принять 10 кг.

*Решение:*

Рассчитываем теплофизические характеристики размороженного продукта.

Теплоемкость определяем по формуле 6.1:

$$c_0 = c_w W + c_c (1 - W) = 4,19 \cdot 0,77 + 1,42 \cdot (1 - 0,77) = 3,55 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$= 3,55 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Определим температуропроводность по формуле 6.2:

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{c_0 \rho} = \frac{0,47}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 1020} = 1,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Для расчета количества теплоты на размораживание, рассчитаем количество вымороженной влаги  $\omega$  и расчетную удельную теплоемкость мороженого продукта  $c_m$  по формулам (7.2, 7.3):

$$\omega = \left(1 - \frac{b(1-W)}{W}\right) * \left(1 - \frac{t_{кр}}{t_v}\right) = \left(1 - \frac{0,27(1-0,77)}{0,77}\right) * \left(1 - \frac{(-1)}{(-18)}\right) = 0,87$$

$$\begin{aligned} c_m &= c_w W(1-\omega) + c_a W\omega + c_c(1-W) \\ &= 4,19 \cdot 0,77 \cdot (1-0,87) + 2,1 \cdot 0,77 \cdot 0,87 + 1,42 \cdot (1-0,77) \\ &= 2,15 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \end{aligned}$$

Расход теплоты на размораживание продукта до  $t_{кр}$  рассчитываем по формуле 8.1:

$$\begin{aligned} Q_{п} &= m_{п} [c_m(t_{кр} - t_{н}) + W\omega r_a] \\ &= 10 \cdot [2,15 \cdot (-1 - (-18)) + 0,77 \cdot 0,87 \cdot 335,2] = 2611 \text{ кДж} \end{aligned}$$

Продолжительность процесса размораживания по формуле (8.2)

$$\begin{aligned} \tau_p &= \frac{q_p \rho F R}{t_c - t_{кр}} \cdot \left(\frac{R}{2\lambda_0} + \frac{1}{\alpha}\right) \cdot m \\ &= \frac{261,1 \cdot 10^3 \cdot 1020 \cdot 1 \cdot 0,023}{20 - (-1)} \cdot \left(\frac{0,023}{2 \cdot 0,47} + \frac{1}{50}\right) \cdot 1,3 \\ &= 16861,9 \text{ с} = 4,7 \text{ ч} \end{aligned}$$

Продолжительность процесса размораживания по формуле (8.3).

$$q_m = W\omega r_a = 0,77 \cdot 0,87 \cdot 335,2 = 224,55 \text{ кДж}/\text{кг}$$

Определим критерий Био (8.4):

$$Bi_0 = \frac{\alpha R}{\lambda_0} = \frac{50 \cdot 0,023}{0,47} = 2,5$$

Следовательно,  $\mu_1 = 1,1336$ .

Тогда:

$$\begin{aligned} \tau_p &= \frac{q_m \rho R}{t_c - t_{кр}} * \frac{Bi}{2\alpha} \left(1 + \frac{2c_0}{\mu_1^2 q_m} (t_c - t_{кр})\right) = \frac{224,55 \cdot 10^3 \cdot 1020 \cdot 0,023}{20 - (-1)} \cdot \frac{2,5}{2 \cdot 50} \left(1 + \right. \\ &\left. \frac{2 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{1,1336^2 \cdot 224,55 \cdot 10^3} (20 - (-1))\right) = 9507,4 \text{ с} = 2,6 \text{ ч} \end{aligned}$$

*Ответ:* Теплоемкость блока фарша размороженного 3,55 кДж/(кг·К), коэффициент температуропроводности  $1,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ , продолжительность размораживания соответственно 4,7 и 2,6 ч, количество отведенной теплоты от 10 кг фарша 2611 кДж.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Дайте определение процессу размораживания.

2. Как рассчитать количество теплоты, необходимое для размораживания продукта?
3. Теплофизические характеристики замороженного или размороженного слоя используются при расчетах продолжительности размораживания?
4. Что обозначает коэффициент  $m$  в формуле Г.Б. Чиждова?
5. Почему в формуле для расчета продолжительности размораживания вместо разности температур  $(t_c - t_{кр})$  можно брать разность  $(t_k - t_n)$ ?
6. Что необходимо знать для определения корня характеристического уравнения?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9 (2 ч)

### РАСЧЕТ ТЕХНОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫРЬЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОСОБОВ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

**Цель:** формирование практических умений и навыков определения белково-водного (БВК) и белково-водно-жирового (БВЖК) коэффициентов рыбного сырья, обоснования рациональных направлений для его дальнейшей технологической переработки.

#### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Определение путей рационального использования рыбного сырья требуют знания химического состава сырья, его технологических и биохимических особенностей. Существующие классификации сырья, позволяющие определить рациональное направление сырья в обработку, основаны, как правило, на данных общего химического состава мяса рыб.

В зависимости от содержания белка и жира рыб разделяют на следующие группы (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Классификация рыб по содержанию белка и жира

Категория	Содержание белка	Категория	Содержание жира
Низкобелковые	Ниже 10 %	Тощие или мало-жирные	Ниже 2 %
Среднебелковые	11–15 %	Среднежирные	2–8 %
Белковые	16–20 %	Жирные	8–15 %
Высокобелковые	свыше 20 %	Высокожирные	более 15 %

Схема распределения промысловых видов рыб по отдельным группам показывает, что низкобелковую группу (содержание белка менее 16 %) составляют в основном донные и глубоководные рыбы. Содержание пелагических видов в низкобелковых группах не превышает 9–11 %, они относятся к среднежирным и жирным рыбам. В то же время среди высокобелковых рыб преобладают пелагические рыбы. Основное количество промысловых видов рыб относится к белковым разной степени жирности, а также к высокобелковым низкой и средней жирности. Доля рыб других белковых групп не превышает 4–9 % каждая.

В зависимости от физиологического состояния рыбы общий химический состав ее мышечной ткани может изменяться. Наибольшим изменениям подвергается содержание в рыбе жира и воды, однако сумма их для каждой белковой группы остается практически постоянной и составляет (в %): для низкобел-

ковой группы  $90,7 \pm 0,2$ , для среднебелковой  $85,5 \pm 0,2$ , для белковой  $80,4 \pm 0,2$  и для высокобелковой  $76,6 \pm 0,2$ .

Отношение количества белка к количеству влаги в мышечной ткани является *белково-водным коэффициентом (БВК)* и рассчитывается по формуле 9.1:

$$\text{БВК} = \frac{Б}{В} \cdot 100 \quad (9.1)$$

где Б – содержание белка в рыбе, %; В – содержание влаги в рыбе, %.

Отношение количества белка к содержанию в рыбе воды и жира – *белково-водно-жировой коэффициент (БВЖК)*, рассчитывается по формуле 9.2:

$$\text{БВЖК} = \frac{Б}{В + Ж} \quad (9.2)$$

где Ж – содержание жира в рыбе, %.

Указанные коэффициенты используются для установления возможного направления рыб в обработку. Например, при увеличении БВК структура мяса изменяется от слабостуденистой до крошливой. Наиболее отчетливо жесткость и крошливость мяса выражены в мясе высокобелковых маложирных рыб, поэтому способы их переработки довольно ограничены. Их преимущественно используют для выработки консервов.

Такое свойство мяса, как «сочность», зависит главным образом от БВЖК, поэтому при определении направления сырья в обработку необходимо принимать во внимание в первую очередь эту величину. Уменьшение БВЖК в пределах одной белковой группы свидетельствуют о повышении жирности, о большей сочности мяса рыбы.

Наиболее универсальным сырьем считается рыба при значениях БВЖК 0,15-0,18, БВК 16-23. Рыбы с высоким содержанием белка и низким содержанием жира (БВЖК 0,22-0,25, БВК 22-27) обеспечивают хорошую текстуру, стабильность при стерилизации, минимальное прогоркание, отлично подходят для консервирования в масле/соусах. При значениях БВЖК 0,18-0,21, БВК 18-25 рыбное сырье обладает оптимальным соотношением белка и жира, подходит для длительных процессов сушки и копчения. При  $\text{БВЖК} < 0,15$ , рыба содержит большое количество жира, что оказывает влияние на сроки хранения.

Низкий  $\text{БВК} < 18$  указывает на избыточное количество воды, что приводит к низкой плотности мышечной ткани и как следствие значительному снижению качества продукции, поэтому не рекомендуется для производства целевой продукции.

На основе показателей БВК и БВЖК в учебной и научно-исследовательской литературе предложено оптимальное направление переработки рыбного сырья (таблица 9.2).

Таблица 9.2 – Оценка рациональной переработки по значению БВЖК и БВК

Значение БВЖК	Значение БВК	Категория по белку/жиру	Рекомендуемый вид переработки
0,22–0,25	22–27	Высокобелковая / маложирная	Консервы, фаршевые изделия, кулинарная продукция, полуфабрикаты
0,18–0,21	18–25	Белковая / среднежирная	Холодное, полугорячее копчение, посол; вяление
0,15–0,18	16–23	Белковая/среднебелковая / жирная	Горячее копчение, сушка, посол, кулинарная обработка
< 0,15	Любое	Любая / высокожирная	Холодное копчение, консервы в масле (ограниченно), охлаждение и замораживание
-	< 18	Избыточное количество влаги	Переработка на фарш, рыбную муку, технические цели

*\*БВК > 27 допустим для хорошо упитанных жирных рыб. БВЖК зависит от вида, сезона, пола и района вылова — значения являются ориентировочными.*

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом, изучите основную классификацию и характеристики рыбного сырья, укажите влияние белково-водного и белково-водно-жирового коэффициентов мышечной ткани на рациональную технологическую переработку рыбного сырья.

2. Выполните задания:

2.1 Для каждого из предложенных образцов рыбного сырья (таблица 9.3) определите категорию по содержанию белка и жира, выполните расчёты БВК и БВЖК. Определите рекомендуемое направление переработки, обоснуйте выбор с точки зрения технологических свойств мяса (плотность, сочность, стабильность при термообработке и хранении).

Таблица 9.3 – Варианты задания 2.1

Образец	Белок, %	Жир, %	Влага, %
№ 1	18,5	0,9	79,0
№ 2	16,8	11,5	69,2
№ 3	19,2	14,0	63,5
№ 4	17,8	1,3	80,1
№ 5	15,6	8,0	74,0

2.2 Проведён анализ химического состава рыбного сырья до и после нереста (таблица 9.4).

Таблица 9.4 – Химический состав рыбного сырья

Период	Белок, %	Жир, %	Влага, %
До нереста	18,6	3,2	75,0
После нереста	18,1	1,7	77,2

Рассчитайте БВК и БВЖК для обоих периодов.

Оцените, как изменились технологические свойства мяса (текстура, сочность, плотность).

Сохраняется ли прежнее рациональное направление переработки? Обоснуйте ответ.

Сделайте вывод о влиянии физиологического состояния рыбы на качество сырья и целесообразности его использования в разные сезоны года.

2.3 При исследовании образца рыбного сырья получены следующие данные: содержание белка – 14,2 %, жира – 1,4 %, влаги – 82,8 %.

Определите категорию рыбы по содержанию белка и жира, рассчитайте БВК и БВЖК.

Проанализируйте пригодность сырья для производства: консервов, копчёных изделий, полуфабрикатов.

Предложите возможные способы использования данного сырья (например, производство фарша, рыбной муки и технической продукции).

### *Пример решения задачи*

*Задание:* При анализе рыбного сырья получены следующие данные: содержание белка – 19,0 %, жира – 5,5 %, влаги – 73,5 %. Определите категорию по содержанию белка и жира, выполните расчёты БВК и БВЖК. Определите рекомендуемое направление переработки, обоснуйте выбор с точки зрения технологических свойств мяса (плотность, сочность, стабильность при термообработке и хранении).

#### *Решение*

Определим категорию рыбы. По содержанию белка (19,0 %) – рыба относится к белковой группе (16–20 %). По содержанию жира (5,5 %) – рыба относится к среднежирной группе (2–8 %).

Рассчитаем БВК и БВЖК.

$$\text{БВК} = \frac{\text{Б}}{\text{В}} \cdot 100 = \frac{19}{73,5} \cdot 100 = 25,8$$

$$\text{БВЖК} = \frac{\text{Б}}{\text{В} + \text{Ж}} = \frac{19}{73,5 + 5,5} = 0,24$$

Проанализируем технологические свойства:

БВК = 25,8 – значение находится в оптимальном диапазоне (22–27), что указывает на плотную, упругую структуру мяса без признаков крошливости.

БВЖК = 0,24 – значение в пределах 0,22–0,25, характерное для высокобелковых маложирных и среднежирных рыб. Это говорит о хорошей текстуре и умеренной сочности, пригодной для термообработки.

На основании значений коэффициентов определим рекомендуемое направление переработки: консервы (оптимальные БВК и БВЖК обеспечивают стабильность структуры при стерилизации, минимальное выделение воды и низкий риск прогоркания), фаршевые изделия и полуфабрикаты.



*Вывод:* Образец сырья представляет собой белковую среднежирную рыбу с оптимальными значениями БВК (25,8) и БВЖК (0,24). Такое сырьё обладает высокой технологической ценностью и подходит в первую очередь для производства консервов, полуфабрикатов и фаршевых изделий.

3. Оформите отчет.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Белково-водный коэффициент (БВК), принцип определения, формула.
2. Белково-водно-жировой коэффициент (БВЖК), принцип определения, формула.
3. Категории рыб по содержанию белка, диапазоны.
4. Классификация рыбного сырья по содержанию жира. Перечислите категории и соответствующие им интервалы жирности.
5. Укажите показатель, влияющий на сочность мяса рыбы, изменения при снижении БВЖК?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10 (4 ч) РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Цель:** формирование практических умений и навыков использования расчетно-аналитических методов оценки состава и свойств сырья, эффективности базовых технологических операций при производстве мясной продукции.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

На современном этапе развития мясной промышленности одной из главных технологических задач является производство готовой продукции со стабильными качественными показателями, требуемым химическим составом и биологической ценностью, заданным выходом и устойчивостью к процессу хранения.

В отечественной и зарубежной практике имеются простые, доступные и легкорезализуемые расчетно-аналитические методы оценки состава и свойств мясного сырья, эффективности базовых технологических операций и т. п.

#### *Расчетно-аналитические методы оценки химического состава мясного сырья*

##### *Метод определения массовой доли влаги*

Для определения массовой доли влаги в мясном сырье с учетом количественного содержания жировой ткани в жилованном и сортированном используется формула 10.1:

$$B = 76,9 - (K \cdot Ж) \quad (10.1)$$

где Ж – содержание жира в мясном сырье, %; К – коэффициент эмпирически установленной обратной зависимости между содержанием жира и воды в мышечной ткани сельскохозяйственных животных ( $K=0,77$ ); 76,9 – усреднённое значение содержания массовой доли влаги в постном жилованном мясе, принятое в технологических расчётах.

*Например*, содержание жира в мясе составляет 10,0 %. Тогда массовая доля влаги составит:

$$B = 76,9 - (0,77 \cdot 10,0) = 69,2 \%$$

##### *Метод определения содержания жира.*

Зная массовую долю влаги в мясе, можно рассчитать содержание жира в сырье по следующим формулам 10.2 и 10.3, с учетом эмпирически установленных коэффициентов:

$$\text{для говядины } Ж = 64,1 - (0,8 \cdot B) \quad (10.2);$$

$$\text{для свинины } Ж = 100,6 - (1,3 \cdot B) \quad (10.3),$$

где Ж – массовая доля жира в мясе, %; В – массовая доля влаги в мясе, %.

*Метод определения химического состава.*

В производственных условиях может возникнуть необходимость оперативного определения общего химического состава (в первую очередь – содержания белка) в используемом мясном сырье.

В случае если известна массовая доля жира в сырье, то можно установить количество белка в нем по эмпирической формуле Бэбкока (10.4), используя экспериментально-аналитический коэффициент, равный 0,22.

$$Б = (100 - Ж) \cdot 0,22 \quad (10.4)$$

где Ж – содержание жира в мясном сырье, %.

*Например*, в жилованной говядине содержание жировой ткани составляет 10 %. Тогда содержание белка будет равно:

$$Б = (100 - 10) \cdot 0,22 = 90 \cdot 0,22 = 19,8 \%$$

При суммировании общего содержания жира и белка (и с учетом, что массовая доля золы в мясе составляет около 1 %) можно по разности определить содержание влаги:  $В = 100 - (19,8 + 10,0 + 1,0) = 69,2 \%$

Таким образом, общий химический состав жилованной говядины представлен, %: вода – 69,2, жир – 10, белок – 19,8 и зола – 1,0.

Отклонение расчетных данных от результатов экспериментально-аналитических исследований не превышает  $\pm 0,5 \%$ .

Для мясного сырья, полученного от животных, которых выращивали в условиях промышленных комплексов, фактическое содержание белка, как правило, на 0,8–1,0 % ниже по отношению к расчетному значению.

### **Расчетно-аналитические методы оценки технологических свойств мясного сырья**

*Расчет количества технологической влаги, добавляемой при куттеровании.*

При обработке рецептуры определенного вида вареных (эмульгированных) колбасных изделий, а также оптимизации процесса куттерования, от которого в свою очередь зависит как качество, так и выход готовой продукции, можно воспользоваться методикой, основанной на уравнении материального баланса. Зная ингредиенты рецептуры, их количественное содержание в составе фарша и значения водоудерживающей способности, можно определить требуемое количество технологической влаги (водолеяной смеси), которая будет связана после тепловой обработки мясной системой.

*Например*, известно, что количество воды, которое удержит мясное сырье при куттеровании и последующей тепловой обработке, равно содержанию мышечной ткани, умноженному на коэффициент 0,55, т. е. говядина I сорта с содержанием мышечной ткани 85 % будет иметь уровень ВУС, равный:

$$ВУС = (85 \cdot 0,55) / 100 = 0,47 \text{ кг воды} / 1 \text{ кг сырья}$$

Аналогичным образом можно рассчитать ВУС для любого вида мясного сырья.

При расчетах можно также воспользоваться справочными данными (приложение Г) значений ВУС большей части ингредиентов, используемых в техно-

логии колбасного производства, которые были экспериментально получены в результате многолетних исследований (ВНИИМП, МГУПБ, ПТИ и др.).

Разброс в значениях ВУС обусловлен возможными отличиями в состоянии мясного сырья (уровень pH, его термическое состояние, степень жиловки и т. д.) и количественным содержанием базового ингредиента в составе коммерческих препаратов.

На примере условной рецептуры рассчитано оптимальное количество технологической влаги (таблица 10.1).

Таблица 10.1 – Значения оптимального количества технологической влаги

Ингредиент рецептуры	Количество, кг	ВУС, кг/кг	Требуемое количество технологической воды, кг
Говядина односортная (90/10)	50	0,495	24,75
Свинина полужирная (50/50)	20	0,275	5,50
Мясо механической обвалки (ММО)	10	0,250	2,50
Гидратированный соевый белковый изолят (СБИ) 1:5	16		
Сухое молоко	1	1,00	1,00
Крахмал	3	2,50	7,50
Итого:	100		41,25 (41 кг) – максимум

Таким образом, имеется возможность достаточно точно определить наиболее рациональное количество водоледяной смеси, добавляемой при куттеровании.

Количество рассчитанной технологической влаги корректируют с учетом типа используемой колбасной оболочки:

- для полиамидной количество водо-ледяной смеси уменьшают на 5–14 % от расчетной величины в зависимости от диаметра, марки и степени усадки;
- для паро- и газонепроницаемых оболочек с учетом термопотерь (от 4 до 12 %).

В зарубежной практике применяют более простой, но менее точный метод. В частности, для определения количества воды, добавляемой при куттеровании, в Германии используют число Федера, в соответствии с которым органическая часть мясного сырья (белки + углеводы + азотсодержащие основания) способна удержать в среднем 3,5 части воды. В практике число Федера рассматривают как соотношение воды и общего белка мяса. При этом с учетом специфики технологической обработки мясного сырья (диспергирование при куттеровании, добавление поваренной соли и фосфатов) при расчетах необходимой воды либо водоледяной смеси для говядины принимают число Федера, равное 4, свинины – 4,5, а их смеси – 4,25. Иногда это число называют буферным числом мяса.

Например, содержание белка в используемой говядине – 17 % (найден по эмпирической формуле Бэбкока), массовой доли влаги – 60 %. Зная число Феде-

ра для говядины (4,0), можно рассчитать количество воды, которое сырье потенциально может удержать в процессе технологической обработки:

$$40 \cdot 17 = 68 \text{ \%}.$$

Сопоставив значения фактического (60 %) и максимально связываемого (68 %) мясом количества воды, представляется возможным сделать вывод о том, что сырье может дополнительно связать 8 % технологической влаги.

*Расчет технологической влаги через величину выхода готовой продукции.* В качестве контрольного способа проверки правильности выбора количества вносимой при куттеровании технологической влаги можно воспользоваться формулой М. П. Воякина, учитывающей величины выхода и термопотерь (10.5):

$$V_T = \frac{(V_{гп} - V_c) - (V_c \cdot ТП)}{100 - V_{гп} - ТП} \cdot 100 \quad (10.5)$$

где  $V_T$  – влага технологическая, добавляемая при куттеровании;  $V_{гп}$  – выход готовой продукции, %;  $V_c$  – содержание воды в сырье, %; ТП – величина термопотерь, %.

*Расчет количества белоксодержащего препарата, вводимого в состав многокомпонентных рассолов (на примере соевых белковых изолятов).*

Количество белоксодержащего препарата, вводимого в рассол, зависит от желаемого его содержания в готовом продукте (1–2 %), величины выхода, количества инъецированного раствора, имеющегося оборудования и уровня потерь при тепловой обработке.

Количество СБП, добавляемого в рассол и его содержание в готовом продукте определяют по следующим формулам (10.6, 10.7):

$$A = \frac{B \cdot (100 + C)}{C}, \% \quad (10.6) \quad B = \frac{A \cdot C}{100 + C}, \% \quad (10.7)$$

где  $A$  – количество соевого изолята в рассоле, %;  $B$  – содержание соевого белка в продукте, %;  $C$  – количество введенного рассола, %.

*Например,* содержания соевого белка в готовом продукте  $B = 2 \text{ \%}$ , количество рассола  $C = 30 \text{ \%}$ . Тогда количество соевого изолята в растворе  $A = 2 \cdot (100 + 30) / 30 = 8,6 \text{ \%}$ . То есть при составлении 100 л рассола необходимо добавить 8,6 кг соевого белка.

Массу вещества (СБИ) на 30 л раствора можно рассчитать следующим образом:  $30 \cdot (8,6 / 100) = 2,58 \text{ кг}$ .

Вышеприведенный расчет характерен для продукции в паро- и газонепроницаемых оболочках. В случае использования «дышащих» упаковочных материалов требуемое содержание ингредиента, входящего в состав рассола, рассчитывают следующим образом (10.8):

$$X = \frac{B \cdot C_r}{K_p} \quad (10.8)$$

где,  $X$  – требуемая концентрация ингредиента в рассоле, %;  $B$  – выход готовой продукции, %;  $K_p$  – количество введенного рассола, % к массе сырья;  $C_r$  – содержание ингредиента в готовом продукте, %.

### **Расчет величины выхода готовой продукции**

Существует несколько методов расчета величины выхода готовой продукции, при этом наиболее распространены расчеты, основанные либо на сопоставлении массы приготовленного фарша с массой готовой продукции, либо на определении термопотерь.

По первому способу выход ( $B_1$ ) готовой продукции (% к массе основного несоленого сырья) определяют по формуле (10.9):

$$B_1 = \frac{M_{гп} \cdot M_{рс}}{M_{сф}} \cdot 100, \% \quad (10.9)$$

где  $M_{гп}$  – масса готовой продукции, кг;  $M_{рс}$  – рецептурный состав фарша (при этом  $M_{рс} = (100 \% \text{ основного сырья} + \% \text{ соли, сахара, специй, фосфатов, красителей, ароматизаторов} + \text{добавляемой технологической воды}), \%$ ;  $M_{сф}$  – масса сырого фарша до тепловой обработки, кг.

Второй способ расчета выхода  $B_2$  через термопотери ( $\Pi_{т/о}$ ):

$$\Pi_{т/о} = \frac{M_{сф} - M_{гп}}{M_{сф}} \cdot 100, \% \text{ к массе фарша} \quad (10.10)$$

Зная величину термопотерь и рецептурный состав фарша, определяют выход (10.11):

$$B_2 = M_{рс} - \Pi_{т/о}, \% \quad (10.11)$$

В качестве примера приведен расчет выхода вареной колбасы, изготовленной по следующей рецептуре (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – Рецептура вареной колбасы

Рецептура		
Вид сырья	Количество, кг	Расчетное количество технологической воды на отдельные виды сырья, кг*
Говядина I сорта	50	23,5
Свинина полужирная	20	5,6
Мясо механической обвалки	10	2,5
Гидратированный соевый концентрат 1:4	16	(+12 л воды на гидратацию 4 кг СБК)
Сухое молоко	1	1,0
Мука пшеничная	3	3,0
Итого:	100	35,6
*определяют с учетом значений ВУС сырья, кг воды/кг сырья		

Вспомогательные материалы, ингредиенты, пряности, %: соль – 2,2, нитрит натрия – 0,0075, фосфаты – 0,4, сахар – 0,3, аскорбиновая кислота – 0,05, глютаминат натрия – 0,05, специи – 0,4, всего – 3,4.

В данном случае значение  $M_{pc} = (100 + 3,4 + 35,6) = 139,0 \%$ .

Количество приготовленного фарша ( $M_{cf}$ ) составляло – 50 кг.

Количество готовой продукции после тепловой обработки и охлаждения ( $M_{гп}$ ) – 47 кг.

Термопотери составят:

$$P_{т/о} = \frac{50 - 47}{50} \cdot 100 = 6 \% \text{ к массе фарша}$$

Величина термопотерь от рецептурной формулы: 6 % от 139,0 составляет 8,34 %.

Тогда, выход  $B_2 = 139,0 - 8,34 = 130,66 \%$

Параллельно рассчитаем выход другим способом:

$$B_1 = \frac{47 \cdot 139}{50} \cdot 100 = 130,66 \%$$

Сопоставляя данные, делаем заключение, что средний выход вареной колбасы составляет 130 %.

С помощью рассмотренных расчетно-аналитических методов может быть получена информация, повышающая степень объективности в принятии технологических решений и обеспечивающая возможность прогнозирования характера изменения количественных и качественных показателей готовой продукции.

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом, изучите расчетно-аналитические методы определения химического состава и технологических свойств мясного сырья, примеры расчетов.

2. Выполните задания:

2.1. По заданию преподавателя выполните расчет содержания влаги и белка в образцах мясного сырья. Варианты заданий представлены в таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Варианты задания 2.1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ж, %	5	6	7	8	10	12	14	15	17	18

2.2 По заданию преподавателя выполните расчет содержания жира в образцах мясного сырья. Варианты заданий представлены в таблице 10.4.

Таблица 10.4 – Варианты задания 2.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид сырья	свинина					говядина				
В, %	75	73	70	68	65	73	71	69	68	65

2.3 По заданию преподавателя выполните расчет количества белоксо-державшего препарата, вводимого в состав многокомпонентных рассолов (на примере соевых белковых изолятов).

2.3.1. Рассчитайте содержание СБП в рассоле в % и его количество, необходимое для приготовления 100 л и указанной массы рассола для продукции в паро- и газонепроницаемых оболочках. Варианты заданий представлены в таблице 10.5.

Таблица 10.5 – Варианты задания 2.3.1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	1,1	1,6	1,9	1,3	1,7
С	25	30	40	50	60	20	35	45	28	55
<i>В-содержание СБП в готовом продукте, %</i> <i>С-количество рассола, %</i>										

2.3.2. Рассчитайте содержание СБП в продукте для продукции в паро- и газонепроницаемых оболочках. Варианты заданий представлены в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – Варианты задания 2.3.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А,	4,0	5,0	6,0	5,0	6,0	3,5	5,5	5,9	5,6	4,5
С,	30	35	40	45	50	25	32	48	55	38
<i>А-содержание СБП в рассоле, %</i> <i>С-количество рассола, %</i>										

2.3.3. Рассчитайте концентрацию СБП в рассоле и его количество, необходимое для приготовления указанной массы рассола для продукции в «дышащих» оболочках. Варианты заданий представлены в таблице 10.7.

Таблица 10.7 – Варианты задания 2.3.3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
С <sub>г</sub>	1,5	1,8	2,0	1,6	1,9	1,7	1,4	2,0	1,5	1,8
В	120	115	110	25	108	118	130	105	122	112
К <sub>р</sub>	30	35	40	125	45	32	20	50	28	36
<i>В – выход готовой продукции, %;</i> <i>К<sub>р</sub> – количество введенного рассола, % к массе сырья;</i> <i>С<sub>г</sub> – содержание ингредиента в готовом продукте, %.</i>										

2.4. По заданию преподавателя выполните расчет количества технологической воды, термопотери и выход готовой продукции двумя способами. Количество рассчитанной технологической влаги скорректируйте с учетом типа используемой колбасной оболочки (для полиамидной на 10 меньше % от расчетной величины; для паро- и газонепроницаемых оболочек на 8 %).

Варианты заданий с исходными данными представлены в таблицах 10.8–10.11.



Таблица 10.8 – Вариант 1: колбаса «Докторская» в полиамидной оболочке

Группа	Ингредиент	Количество, кг
Основное сырье	Говядина I сорта	60
	Свинина полужирная – 50	30
	Мясо птицы ручной обвалки без кожи	10
Итого		100
Вспомогательные материалы	Сухое обезжиренное молоко	1,5
	Крахмал модифицированный	3,0
	Яичный порошок	1,0
	Соль поваренная	2,2
	Фосфаты	0,4
	Специи, сахар, ароматизаторы	0,9
<i>Количество приготовленного фарша – 50 кг.</i>		
<i>Количество готовой продукции после тепловой обработки и охлаждения – 44 кг.</i>		

Таблица 10.9 – Вариант 2: колбаса «Молочная» в паронепроницаемой оболочке

Группа	Ингредиент	Количество, кг
Основное сырье	Говядина высшего сорта	50
	Свинина нежирная	40
	Свиная рулька	10
Итого		100
Вспомогательные материалы	Сухое обезжиренное молоко	4,0
	Казеинат натрия	1,5
	Каррагинаны	0,3
	Соль поваренная	2,0
	Фосфаты	0,4
	Специи, сахар, ароматизаторы	0,8
<i>Количество приготовленного фарша – 55 кг.</i>		
<i>Количество готовой продукции после тепловой обработки и охлаждения – 48 кг.</i>		

Таблица 10.9 – Вариант 3: колбаса «Русская» в полиамидной оболочке

Группа	Ингредиент	Количество, кг
Основное сырье	Говядина II сорта	50
	Свинина жирная – 45	40
	Свиная рулька	10
Итого		100
Вспомогательные материалы	Соевая мука полуобезжиренная	4,0
	Гречневая крупа после экструзии	3,5
	Каррагинаны	0,2
	Соль поваренная	2,2
	Фосфаты	0,4
	Специи, сахар, ароматизаторы	0,7
<i>Количество приготовленного фарша – 45 кг.</i>		
<i>Количество готовой продукции после тепловой обработки и охлаждения – 39 кг.</i>		

Таблица 10.10 – Вариант 4: колбаса «Докторская» в газонепроницаемой оболочке

Группа	Ингредиент	Количество, кг
Основное сырье	Говядина односортная	60
	Свинина полужирная – 70	30
	Мясо птицы ручной обвалки без кожи	10
Итого		100
Вспомогательные материалы	Соевый концентрат функциональный	2,0
	Яичный порошок	1,5
	Пшеничная клетчатка	2,0
	Соль поваренная	2,2
	Фосфаты	0,4
	Специи, сахар, ароматизаторы	0,9
<i>Количество приготовленного фарша – 50 кг.</i>		
<i>Количество готовой продукции после тепловой обработки и охлаждения – 46 кг.</i>		

Таблица 10.11 – Вариант 5: колбаса «Особая» в полиамидной оболочке

Группа	Ингредиент	Количество, кг
Основное сырье	Говядина I сорта	55
	Свинина нежирная	35
	Свиная шкурка термообработанная	10
Итого		100
Вспомогательные материалы	Сухое обезжиренное молоко	2,0
	Крахмал модифицированный	2,5
	Каррагинаны	0,2
	Соль поваренная	2,2
	Фосфаты	0,4
	Специи, сахар, ароматизаторы	0,7
<i>Количество приготовленного фарша – 52 кг.</i>		
<i>Количество готовой продукции после тепловой обработки и охлаждения – 44 кг.</i>		

3. Оформите отчет.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Эмпирическая формула Бэбкока для расчета жира в сырье.
2. Способы расчета количества технологической влаги, добавляемой при куттеровании.
3. Расчет необходимого количества воды/водо-ледяной смеси по числу Федера.
4. Расчет технологической влаги через величину выхода готовой продукции.
5. Методы расчета величины выхода готовой продукции.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11 (2 ч) «РАСЧЕТ ПАСТЕРИЗАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ВАРЕННЫХ КОЛБАС»

**Цель:** формирование практических умений и навыков использования расчетного метода пастеризационного эффекта вареных колбас.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Как известно, цель тепловой обработки мясных продуктов заключается в:

- доведении продукта до состояния кулинарной готовности;
- проведении реакций цветообразования и формирования вкусо-ароматических веществ;
- переводе мясных систем с вязко-пластическими свойствами в состояние тел с упруго-эластично-пластичными свойствами;
- уничтожении вегетативных форм микроорганизмов.

Так как бóльшая часть мышечных белков денатурирует в температурном диапазоне 45–55 °С, а сваривание, гидролиз и дезагрегация коллагена происходит при температуре 58–64 °С, то первые три задачи могут быть полностью решены при доведении температуры в центре продукта до уровня 55–64 °С. Однако регламентируемые в практике температуры значительно выше (68–75 °С), что объясняется необходимостью гарантированного уничтожения патогенной микрофлоры.

Пастеризационный эффект – это количественная мера тепловой обработки продукта, которая показывает, насколько эффективно в ходе термической обработки (например, варки, запекания, копчения и т. п.) уничтожаются патогенные и спорообразующие микроорганизмы, в первую очередь такие, как *Clostridium botulinum* и *Listeria monocytogenes*.

Этот показатель используется для оценки микробиологической безопасности термически обработанных мясных изделий (особенно в категории «готовых к употреблению» продуктов). Пастеризационный эффект выражается в пастеризационных единицах (PU, Pasteurization Units).

Базовая формула для расчёта пастеризационных единиц (11.1):

$$PU = \sum_t 10^{\frac{(T(t) - T_{ref})}{z}} \quad (11.1)$$

где PU – пастеризационные единицы; T(t) – температура в центре продукта в момент времени t, °С; T<sub>ref</sub> – эталонная температура (обычно 70 °С для мясных изделий); z – температурный коэффициент (обычно z = 7 °С для *Clostridium botulinum*, и z = 5–6 °С для других патогенов, например *Listeria*).

Суммирование проводится по всем измерениям температуры в течение всего цикла нагрева.

На практике часто используется упрощённый подход: если продукт выдерживался при постоянной температуре 70 °С, то: 1 минута при 70 °С = 1 PU.

*Например:*

2 минуты при 70 °C → 2 PU

1 минута при 77 °C → 10 PU (т.к.  $(77-70)/7 = 1 \rightarrow 10^1 = 10$ )

1 минута при 63 °C → 0.1 PU (т.к.  $(63-70)/7 = -1 \rightarrow 10^{-1} = 0.1$ )

Практическое применение: в процессе термообработки (например, варки колбас или пастеризации тушенки) в центр изделия вставляют термомощуп. Регистрируют температуру с заданным интервалом (например, каждые 15–30 с). По полученным данным рассчитывают PU по указанной формуле. Сравнивают полученный PU с нормативным значением для данного типа продукта.

*Методика расчета пастеризационного эффекта вареных колбасных изделий по термограмме*

1. Для колбасных батонов определенного диаметра и рецептурного состава измеряют температуру в центральной части на всех этапах тепловой обработки.

При этом, принимая во внимание, что отмирание микроорганизмов начинается при температурах выше 54–55 °C, рассчитывают пастеризационный эффект именно с этого момента в течение всего периода теплового воздействия. Так как ингибирующее воздействие тепловой обработки на микроорганизмы определяется не только уровнем температуры, но и продолжительностью воздействия, в современных технологиях предусмотрено проведение тепловой обработки в несколько циклов: прогрев батона – доведение температуры в центре продукта до требуемого уровня (68–75 °C) – выдержка колбасы при данных условиях определенное время для обеспечения гарантированного уничтожения микроорганизмов – снижение температуры (охлаждение).

Следовательно, несмотря на адекватность используемых параметров тепловой обработки (температура греющей среды, конечная температура в центре), получение пастеризационного эффекта для колбас различного диаметра обеспечивается варьированием продолжительности воздействия на микроорганизмы наиболее высокой температуры.

2. Эффективность выбранного режима тепловой обработки определяют, используя полученную термограмму (рисунок 11.1).

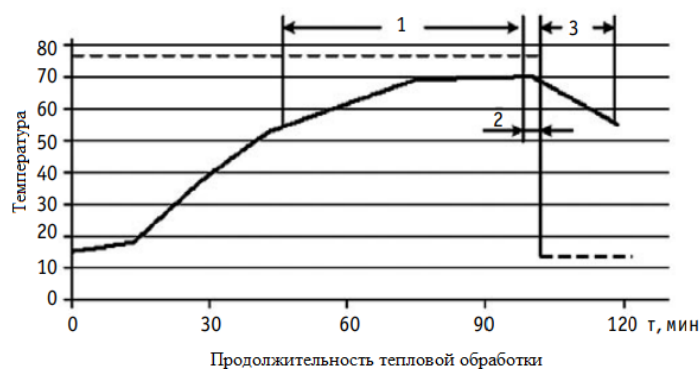


Рисунок 11.1 – Изменения температуры внутри батона вареной колбасы диаметром 90 мм: 1, 2 и 3 – соответственно фазы нагрева, выдержки и охлаждения; ----- - температура греющей среды

С этой целью, начиная с температуры 54–55 °С и выше, и заканчивая вновь на температуре 54–55 °С, регистрируют изменение внутри батона ежеминутной продолжительность ее воздействия. Далее, используя экспериментально найденные значения пастеризационных эффектов ( $F_{10/70}$ ), характеризующих степень гибели микроорганизмов в течение одной минуты воздействия определенной температуры (таблица 11.1), рассчитывают суммарный пастеризационный эффект.

Таблица 11.1 – Расчетная таблица величины  $F_{10/70}$  по Райхерту (1977)

°С	$F_{10/70}$	°С	$F_{10/70}$	°С	$F_{10/70}$	°С	$F_{10/70}$
55	0,03	65	0,32	75	3,16	85	31,62
56	0,04	66	0,40	76	3,98	86	39,81
57	0,05	67	0,50	77	5,01	87	50,12
58	0,06	68	0,63	78	6,31	88	63,09
59	0,08	69	0,79	79	7,94	89	70,43
60	0,10	70	1,00	80	10,00	90	100,00
61	0,13	71	1,26	81	12,59	91	125,89
62	0,16	72	1,58	82	15,85	92	158,49
63	0,20	73	1,99	83	19,95	93	199,53
64	0,25	74	2,51	84	25,12	94	251,19

Суммирование всех значений  $F_{10/70}$  позволяет установить (рис. 1), что на этапе нагревания  $F$  составляет 21,92, на этапе выдержки – 4,0, на этапе охлаждения – 3,74, то есть величина интегрального пастеризационного эффекта для данного случая составляет 29,66 и соответствует рекомендуемому значению  $F_{10/70}$  для вареных колбас диаметром 90 мм, равному  $\sim 30,0$  ед.

В таблице 11.2 представлены ориентировочные рекомендуемые значения  $F_{10/70}$  для вареных колбас различным диаметром.

Таблица 11.2 – Ориентировочные рекомендуемые значения  $F_{10/70}$  для вареных колбас

Диаметр колбасы, мм	Рекомендуемое значение $F_{10/70}$ *
40–50	20–22
60	22–23
70	25
80	27–28
90	$\sim 30$

*\*Значения являются ориентировочными. В реальной производственной практике точные требования к  $F$ -значению могут зависеть от конкретной рецептуры, типа оболочки, нормативных документов и результатов микробиологических исследований.*

3. При чрезмерном пастеризационном эффекте – уменьшают длительность периода выдержки (экспозиции); при недостаточном эффекте увеличивают продолжительность термостатирования либо температуру в центре продукта.

4. Используя данную методику можно проводить сравнительную оценку эффективности различных режимов тепловой обработки; оптимизировать существующие параметры и прогнозировать устойчивость готовой продукции при хранении.

5. В производственных условиях не всегда имеется возможность провести аналитический расчет пастеризационного эффекта, в связи с чем можно воспользоваться следующими рекомендациями. Осуществляйте выбор уровня конечной температуры в центре колбасного батона с учетом особенностей рецептурного состава (для свиномычных рецептур – 68 °С; для стандартных – 70 °С; для рецептур, содержащих каррагинаны – 72 °С; для крахмалосодержащих колбас – 75 °С).

Потеря мясного вкуса отмечается при температуре в центре продукта ( $t_{ц}$ ) более 70 °С.

Устойчивый пастеризационный эффект для вареных колбас диаметром 45–50 мм при разных уровнях температуры в центре обеспечивает использование определенных периодов термостатной выдержки: при  $t_{ц} = 68$  °С  $\tau$  выдержки – 15 мин, при 70 °С – 8, при 72 °С – 4,5 мин.

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом. Изучите методику расчета и пример расчета пастеризационного эффекта вареных колбас.

2. Выполните задание:

В соответствии с вариантом задания (таблица 11.3) постройте термограмму по указанным значениям температуры в центре батона, выделите фазы нагревания, выдержки и охлаждения.

Рассчитайте суммарный пастеризационный эффект, сделайте вывод об эффективности режимов тепловой обработки. Дайте свои рекомендации по корректировке режимов тепловой обработки.

Таблица 11.3 – Варианты задания 2

Минута	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Температура в центре батона (°С)										
	d= 40 мм	d=45 мм	d=50 мм	d=55 мм	d=60 мм	d=65 мм	d=70 мм	d=75 мм	d=80 мм	d=85 мм	d=90 мм
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	18	14	15	19	15	12	14	12	13	12	18
10	21	17	19	25	19	15	18	16	15	15	21
15	27	19	26	32	25	19	21	19	19	18	27
20	30	25	31	34	32	25	24	21	23	21	30
25	35	28	35	36	34	32	29	24	26	23	35
30	37	34	38	38	36	34	32	29	27	26	37
35	41	39	39	40	38	36	34	32	30	29	41
40	44	45	44	42	40	38	36	34	32	31	44

Минута	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Температура в центре батона (°C)										
	d= 40 мм	d=45 мм	d=50 мм	d=55 мм	d=60 мм	d=65 мм	d=70 мм	d=75 мм	d=80 мм	d=85 мм	d=90 мм
45	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	50
46	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34	52
47	55	52	50	48	46	44	42	40	38	36	55
48	57	55	52	50	48	46	44	42	40	38	57
49	58	57	55	52	50	48	46	44	42	40	58
50	59	58	57	53	52	50	48	46	44	42	59
51	60	59	58	55	55	52	50	48	46	44	60
52	60	60	59	57	57	55	52	50	48	46	60
53	60	60	60	59	58	57	55	52	50	48	60
54	60	60	60	60	59	58	57	55	52	50	60
55	60	60	60	62	60	59	58	57	55	52	60
56	60	60	60	64	60	60	59	58	57	55	60
57	60	70	60	66	61	70	60	72	60	56	60
58	60	70	60	68	63	70	60	72	60	57	60
59	60	70	60	70	64	70	60	72	60	59	60
60	60	70	65	72	65	70	62	72	65	60	60
61	60	70	65	72	66	70	62	72	65	62	60
62	60	68	65	72	68	68	62	70	65	64	60
63	60	66	65	71	68	66	62	68	65	66	60
64	60	64	65	67	68	64	62	66	65	68	60
65	60	62	65	65	65	62	62	64	65	70	60
66	60	60	65	63	63	60	62	62	65	70	60
67	58	58	65	60	60	55	62	60	65	70	58
68	56	56	63	55	55	53	60	57	63	70	56
69	54	54	61	52	52	51	58	55	62	70	54
70	52	55	55	48	48	49	55	53	61	70	52
71	50	53	53	42	42	47	53	49	59	70	50
72	48	51	51	37	37	45	51	47	57	70	48
73	46	49	49	31	31	43	49	45	55	69	46
74	44	47	47	26	26	41	47	43	47	67	44
75	42	45	45	21	21	39	45	41	45	65	42
80	32	35	35	15	15	29	35	31	35	60	32
85	22	25	25	11	11	19	25	21	25	55	22
90	12	15	15	10	10	9	15	11	15	52	12

### Пример

**Задание:** В соответствии со значениями таблицы постройте термограмму по указанным значениям температуры в центре батона, выделите фазы нагревания, выдержки и охлаждения.

Рассчитайте суммарный пастеризационный эффект, сделайте вывод об эффективности режимов тепловой обработки. Дайте свои рекомендации по корректировке режимов тепловой обработки.

*Решение:*

Построим термограмму в соответствии с исходными данными таблицы (рисунок 11.2).



Рисунок 11.2 – Термограмма изменений температуры внутри батона вареной колбасы диаметром 70 мм: 1,2 и 3 – соответственно фазы нагревания, выдержки и охлаждения

Для расчета суммарного пастеризационного эффекта найдем значения значения пастеризационных эффектов ( $F_{10/70}$ ), характеризующих степень гибели микроорганизмов в течение одной минуты воздействия определенной температуры в соответствии с таблицей 11.4.

Принимая во внимание, что отмирание микроорганизмов начинается при температурах выше 54–55 °C, рассчитываем пастеризационный эффект именно с этого момента в течение всего периода теплового воздействия, и заканчивая вновь на температуре 54–55 °C, регистрируют изменение внутри батона ежеминутно и продолжительность ее воздействия.

Таблица 11.4 – Исходные данные для расчета пастеризационного эффекта

Исходные данные		Значение $F_{10 / 70}$
Минута	Температура в центре батона (°C)	
	d= 70 мм	
0	10	-
5	12	-
10	15	-
15	17	-



Исходные данные		Значение F-10 / 70
Минута	Температура в центре батона (°C)	
	d= 70 мм	
20	19	-
25	22	-
30	25	-
35	27	-
40	29	-
45	32	-
46	34	-
47	36	-
48	38	-
49	40	-
50	42	-
51	44	-
52	46	-
53	48	-
54	50	-
55	52	-
56	55	0,03
57	56	0,04
58	57	0,05
59	59	0,08
60	60	0,10
61	62	0,16
62	64	0,25
63	66	0,40
64	68	0,63
65	70	1,00
66	70	1,00
67	70	1,00
68	70	1,00
69	69	0,79
70	69	0,79
71	68	0,63
72	65	0,32
73	64	0,25
74	62	016
75	59	0,08
80	55	0,03
85	49	-
90	45	-

Рассчитаем суммарный пастеризационный эффект:  
 $(0,03+0,04+0,05+0,08+0,1+0,16+0,25+0,40+0,63)+1 \cdot 4+(0,79+0,79+0,63+0,32+0,25+0,16+0,08+0,03)=8,79$ .

*Вывод:* Для вареных колбас диаметром 70 мм рекомендуемое значение F-10/70 равно 25. Рассчитанный суммарный пастеризационный эффект составляет 8,79, что не соответствует рекомендуемому значению. Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный режим тепловой обработки не обеспечивает микробиологическую безопасность готового продукта. Рекомендовано увеличить время выдержки при температуре 70 °С до 8 мин.

3. Оформите отчет.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Цель тепловой обработки мясных продуктов.
2. Циклы тепловой обработки вареных колбас.
3. Понятие пастеризационного эффекта.
4. Базовая формула для расчёта пастеризационных единиц.
5. Порядок расчета пастеризационного эффекта.
6. Температурные режимы тепловой обработки вареных колбас с учетом особенностей рецептурного состава.
7. Температурные режимы термостатной выдержки для достижения устойчивого пастеризационного эффекта для вареных колбас.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12 (2 ч)

### РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА СОЛИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛЕНОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Цель:** формирование умений и навыков расчета требуемого количества соли и продолжительности процесса посола при производстве соленой рыбной продукции.

#### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Посол представляет собой способ консервирования рыбы поваренной солью, и применяется как самостоятельный вид технологической обработки рыбы и как предварительную операцию перед копчением, вялением, сушкой, маринованием.

Посол основан на процессах диффузии и осмосе. И соль, и вода диффундируют из зоны большей концентрации в зону меньшей. Передвижение влаги и соли через оболочки мышечной ткани рыбы происходит под действием осмотического давления, которое зависит от разности концентраций раствора соли по обе стороны оболочки. При посоле значительная часть влаги из тканей рыбы переходит в тузлук (образующийся раствор соли), а соль из тузлука в ткани рыбы.

Во время посола в тканях рыбы, кроме процессов диффузии и осмоса, под действием соли и ферментов происходят сложные биохимические процессы, связанные с изменением веществ, входящих в состав мяса. Мясо соленой рыбы теряет вкус и запах сырой рыбы, уплотняется, уменьшается его масса, появляется резкий соленый вкус, и оно становится пригодным для употребления.

*По состоянию консерванта* различают сухой, мокрый (тузлучный) и смешанный (комбинированный) способы посола.

*В зависимости от температурных условий*, различают теплый, охлажденный и холодный способы посола, а *в зависимости от вида посольной емкости* чановый, бочковый, баночный, ящичный, контейнерный и чердачный или стоповый.

*По продолжительности* контакта рыбы с солью посол бывает законченным и прерванным.

*По крепости* различают посол насыщенный и ненасыщенный.

#### **Расчет требуемого количества соли**

В производстве количество соли, необходимое для посола, обычно выражают не в процентах к массе влаги, содержащейся в мясе рыбы, а в процентах к ее массе. Учитывают количество влаги, находящейся на поверхности рыбы, а

также влажность соли. В связи с этим дозировку соли соответственно увеличивают.

При сухом посоле количество соли  $S$  (% к массе рыбы), необходимой для просаливания, определяют формуле (12.1):

$$S = \frac{WC \cdot 100}{(100 - C)(100 - П)}, \quad (12.1)$$

где  $W$  – содержание воды в тканях рыбы до просаливания, %;  $C$  – задаваемая равновесная концентрация соли в тканях рыбы и рассоле в конце просаливания, %;  $П$  – доля примесей (включая воду) в поваренной соли, %;

При смешанном посоле расход соли, включая соль для приготовления раствора, определяют по формуле (12.2):

$$S = \frac{100 \cdot WC + g_p(100 - C_p)}{(100 - C)(100 - П)}, \quad (12.2)$$

где  $g_p$  – масса раствора соли (тузлука), % к массе рыбы;  $C_p$  – концентрация соли в растворе, %;

При мокром посоле расход соли составит:

$$S_0 = \frac{W \cdot C \cdot C_p}{(C_p - C)(100 - П)}, \quad (12.3)$$

Необходимое количество соляного раствора (тузлука) для посола рассчитывают по формуле (12.4):

$$g_p = \frac{WC}{C_p - C}, \quad (12.4)$$

При охлажденном посоле (с добавлением льда) общий расход соли возрастает на величину, необходимую для насыщения воды, образующейся при таянии льда, до концентрации  $C$ :

$$S_1 = \frac{W_{\text{л}} C}{(100 - C)(100 - П)}, \quad (12.5)$$

где  $W_{\text{л}}$  – количество льда, добавляемого при посоле, в % к массе рыбы.

При конечной концентрации соли менее 15 %, в формулах для определения расхода соли вместо общего содержания воды подставляют количество свободной растворяющей воды  $W_{\text{св}}$ , равное:

$$W_{\text{св}} = K \cdot W, \quad (12.6)$$

где  $K$  – коэффициент, показывающий долю свободной воды при концентрации соли меньше 15 % ( $\approx 0,85$ ).

При производстве соленой рыбы используются два показателя, характеризующие содержание соли в рыбе. Первый показатель – соленость (массовая доля соли в рыбе), под которым понимают отношение количества соли к массе рыбы, ее определяют по формуле (12.7)

$$M_c = \frac{100 \cdot m_{\text{сол}}}{M_{\text{об}}} \quad (12.7)$$

где  $M_c$  – соленость рыбы (массовая доля соли в рыбе), %;  $m_{\text{сол}}$  – масса соли, взятая для посола, кг;  $M_{\text{об}}$  – масса рыбы, кг.

Второй показатель – концентрация соли в мышечной ткани, которую находят как отношение количества соли к количеству раствора соли в мышечных тканях по формуле (12.8):

$$C_c = m_{\text{сол}} * 100 / (W_c + m_{\text{сол}}), \quad (12.8)$$

где  $C_c$  – концентрация раствора поваренной соли в мышечной ткани, %;  $W_c$  – содержание влаги в соленой рыбе, %,  $W_c = (W - M_c)$ .

Масса соленой рыбы, выраженная в процентах к свежей рыбе, называется выходом готовой продукции, а разницу массы между свежей и соленой рыбы, выраженной в процентах к свежей рыбе, называют утечкой при посоле и определяют по формуле (12.9):

$$P = (M_{\text{об}} - M_{\text{сол}}) * 100 / M_{\text{об}}, \quad (12.9)$$

или

$$p = (M_{\text{об}} - M_{\text{сол}}), \quad (12.10)$$

где  $P$  – утечка рыбы, %;  $p$  – утечка рыбы, кг;  $M_{\text{об}}$  – масса свежей рыбы, кг;  $M_{\text{сол}}$  – масса соленой рыбы, кг.

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь со способами расчета требуемого количества соли при производстве соленой рыбной продукции и порядком расчета продолжительности просаливания. Изучите примеры решения задач.

2. Решите задачи:

2.1. Определить количество поваренной соли (% к массе рыбы), которое необходимо взять при сухом способе посола рыбы с тем, чтобы концентрация соли в конце просаливания в тканях рыбы была равна 12 %. Количество примесей в соли составляет 3,1 %, а содержание воды в рыбе до просаливания 65 %. Определить количество соли (по массе), необходимое для посола 1 т рыбы.

2.2. Определить количество поваренной соли (% к массе рыбы), которое необходимо взять при смешанном способе посола рыбы с тем, чтобы концентрация соли в конце просаливания в тканях рыбы была равна 15 %. Количество соляного раствора, добавляемого для просаливания, равно 30 % от массы рыбы, его концентрация равна 28 %, содержание воды в рыбе 78 %, а количество примесей в сухой соли 2,5 %. Определить количество соли (по массе), необходимое для посола 1,5 т рыбы.

2.3. Определить количество поваренной соли (% к массе рыбы) и количество соляного раствора, которые необходимо взять при мокром способе посола рыбы с тем, чтобы концентрация соли в конце просаливания в тканях рыбы равнялась 10 %. Концентрация соляного раствора, используемого для посола, равна 25 %, содержание воды в рыбе 67 %, а количество примесей в сухой соли 2,5 %. Определить количество соли (по массе), необходимое для посола 2,5 т рыбы.

2.4. Определить дополнительное количество поваренной соли (% к массе рыбы), которое необходимо взять при охлажденном способе посола рыбы с тем, чтобы равновесная концентрация соли в конце просаливания в тканях рыбы равнялась 14 %. Содержание воды в рыбе равно 68 %, а количество примесей в сухой соли 2,6 %. Количество льда при посоле рыбы равно 12 %.

2.5. Определить соленость рыбы и концентрацию раствора соли в мышечной ткани рыбы, если количество соли, взятое для посола, равно 85 кг, масса рыбы составляет 500 кг, содержание влаги в рыбе 330 кг.

2.6. Определить количество соли, необходимое при смешанном способе посола 3 т рыбы, если содержание воды в рыбе до просаливания 68 %, равновесная концентрация соли после просаливания 10 %, количество примесей в соли 1,5 %, а концентрация соли в тузлуке 22 %. Количество добавленного тузлука равно 15 %.

2.7. Определить количество соли, необходимое при мокром способе посола 7,5 т рыбы, если содержание воды в рыбе до просаливания 65 %, равновесная концентрация соли после просаливания 12 %, концентрация соли в тузлуке 26 %, доля примесей в поваренной соли 1 %.

2.8. Определить количество соли, необходимое при мокром охлажденном способе посола (с добавлением льда) 1 т рыбы, если равновесная концентрация соли 15 %, количество льда, добавляемое при посоле, 30 %, содержание воды в рыбе до просаливания 78 %, доля примесей в соли 0,5 %, концентрация соли в тузлуке 25 %.

2.9. Определить количество соли, необходимое для сухого посола 4,5 т рыбы с содержанием воды 70 % при равновесной концентрации соли 10 % и доле примесей в поваренной соли 1,2 %.

3. Оформите отчет.

### ***Пример решения задачи***

**Задание:** Определить количество соли (кг), необходимое при сухом посоле 1,5 т рыбы, если равновесная концентрация соли в тканях рыбы и в рассоле в конце просаливания равна 8 %, доля примесей в соли составляет 2,5 %, а содержание воды в рыбе до просаливания 65 %.

**Решение:** В соответствии с формулой (12.1) определяем количество соли  $S$  в процентах к массе рыбы:

$$S = \frac{WC \cdot 100}{(100 - C)(100 - П)} = \frac{65 * 8 * 100}{(100 - 8)(100 - 2,5)} = 5,80 \%$$

$$m_c = \frac{1500 * 5,8}{100} = 87 \text{ кг}$$

**Ответ:** Потребуется соль в количестве 87 кг (5,8 % к массе рыбы).

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Что представляет собой процесс посола?
2. Как классифицируются способы посола?
3. Как рассчитать количество соли, необходимой для посола.
4. Показатели, характеризующие содержание соли в рыбе, формулы расчета, взаимосвязь.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13 (2 ч) ТЕХНОЛОГИЯ СУШЕНОЙ, ВЯЛЕНОЙ И КОПЧЕНОЙ РЫБЫ. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

**Цель:** формирование умений и навыков расчета показателей процесса сушки и вяления рыбы.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Сушка относится к способам консервирования, полностью предотвращающим микробиальную порчу продуктов, хотя высушенные продукты не являются стерильными. Высушенные рыбные продукты, хорошо изолированные от внешней среды, могут сохраняться очень долго. Уменьшение массы при высушивании сырья облегчает хранение и транспортирование готового продукта.

Массу испарившейся влаги ( $M_B$ ) рассчитывают по разнице масс рыбного сырья до и после высушивания, или по формуле (13.1):

$$M_B = \frac{M_1(W_1 - W_2)}{100 - W_2} = \frac{M_2(W_1 - W_2)}{100 - W_1}, \quad (13.1)$$

где  $W_1$  и  $W_2$  – содержание влаги в рыбе, соответственно до и после сушки, % от массы рыбы;  $M_1$  и  $M_2$  – масса влажного продукта, поступающего на сушку, и масса продукта после сушки, кг.

Влажность рыбы рассчитывают в процентах от массы сухого вещества рыбы ( $W_c$ ) по формуле (13.2):

$$W_c = \frac{W \cdot 100}{m_c} = \frac{W \cdot 100}{100 - W} \quad (13.2)$$

где  $W$  – содержание влаги, % от общей массы рыбы;  $W_c$  – содержание влаги, % от массы сухого вещества рыбы;  $m_c$  – масса воды в рыбе, кг;  $M$  – массы рыбы, кг;  $m_c$  – масса абсолютно сухого вещества, кг.

Влажность рыбы всегда меньше 100 %. Влажность, рассчитанная на абсолютно сухое вещество рыбы, может быть больше или меньше 100 %.

Выход продукции ( $B$ ) рассчитывают по формуле (13.3):

$$B = \frac{(100 + W_{c2}) \cdot 100}{(100 + W_{c1})} \quad (13.3)$$

где  $W_{c1}$  и  $W_{c2}$  – содержание влаги в рыбе соответственно до и после сушки, % массы сухого вещества рыбы;  $B$  – выход продукции, % общей массы рыбы.

При копчении рыбы имеют место некоторые потери сухого вещества в результате вытекания из рыбы тканевого сока. С учетом потерь сухого вещества масса влажного продукта, поступающего на сушку, и масса продукта после сушки определяются по формулам (13.4, 13.5):



$$M_2 = \frac{K \cdot M_1 (100 - W_1)}{100 - W_2}, \quad (13.4)$$

$$M_1 = \frac{M_2 (100 - W_2)}{K \cdot (100 - W_1)}, \quad (13.5)$$

где  $M_1$ ,  $M_2$  – масса продукта, поступающего на копчение, и копченого продукта соответственно, кг;  $W_n$  и  $W_k$  – влажность рыбы до и после копчения соответственно, % от общей массы исходной и копченой рыбы;  $K$  – коэффициент, учитывающий потери рыбой сухого вещества с тканевым соком (при горячем копчении  $K = 0,98$ ).

При сушке и вялении рыбы потери сухого вещества отсутствуют, поэтому в этом случае вышеприведенными формулами можно пользоваться с коэффициентом  $K = 1$ .

Выход копченой продукции можно определить как отношение массы рыбы, поступающей на копчение, к массе копчено рыбы.

Количество испарившейся влаги можно определить по расходу воздуха и разности его начального и конечного влагосодержания:

$$M_B = L_B (d_2 - d_1), \quad (13.6)$$

$$L = \frac{M_B}{d_2 - d_1} = M_B \cdot l, \quad (13.7)$$

$$l = \frac{L}{M_B} = \frac{1}{d_2 - d_1}, \quad (13.8)$$

где  $L$  – масса сухого воздуха, проходящего через сушильный агрегат, кг;  $d_1$  – влагосодержание воздуха при входе в сушильный аппарат, кг/кг сухого воздуха;  $d_2$  – влагосодержание воздуха на выходе из сушильного аппарата, кг/кг сухого воздуха;  $l$  – масса сухого воздуха, израсходованного на испарение 1 кг влаги из продукта, кг/кг [4].

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомьтесь с способами расчета показателей процесса сушки и вяления рыбы.

2. Изучите пример решения и решите задачи:

2.1. Масса влаги, которая была удалена из рыбы при вялении, равна 250 кг. Масса рыбы-сырца составляет 900 кг, содержание влаги 72 %. Определите массу готовой продукции и содержание влаги в ней.

2.1. Массовая доля сухого вещества в рыбе равно 37 %, влажность продукта после сушки 53 %. Определить выход готовой продукции в кг после сушки, если на сушку было направлено 5000 кг рыбы.

2.3. На сушку поступило 1000 кг рыбы с содержанием влаги 67 %. После сушки масса продукции уменьшилась вдвое. Определите в готовой продукции содержание влаги в % от массы готовой продукции и от массы сухого вещества в продукте.

2.4. На горячее копчение поступило 3000 кг рыбы с содержанием влаги до обработки 65 % и после обработки 45 % от общей массы продукта. Определите массу готового продукта и выход.

2.5. На производство провесной рыбы поступило 5000 кг сырья с содержанием влаги 200 % от массы сухого вещества. Определите выход и массу готовой продукции в кг, если содержание влаги в ней составило 80 % от массы сухого вещества.

2.6. На сушку поступило 3000 кг филе рыбы. Начальная влажность продукта составляет 75 %, а конечная 6 % от общей массы. Определите выход готовой продукции.

2.7. В сушильной камере при подготовке рыбы к копчению за 1 час прошло 18 000 кг абсолютно сухого воздуха. Влагосодержание воздуха на входе в камеру составило 0,008 кг/кг сухого воздуха, на выходе – 0,028 кг/кг сухого воздуха. Определите массу влаги, испарившейся из рыбы.

2.8. При сушке 1 т рыбы перед холодным копчением из неё испарилось 250 кг влаги. Удельный расход сухого воздуха на испарение 1 кг воды составил 55 кг/кг. Рассчитайте общий массовый расход сухого воздуха  $L$ , прошедшего через сушильный агрегат.

2.9. В процессе сушки рыбы параметры воздуха следующие: влагосодержание на входе 0,012 кг/кг, влагосодержание на выходе 0,032 кг/кг. Рассчитайте удельный расход сухого воздуха  $l$  (кг/кг).

2.10. При подготовке рыбы к копчению из неё испарилось 200 кг воды. Известно, что на испарение 1 кг воды требуется 50 кг сухого воздуха. Определите общий расход сухого воздуха и разность влагосодержания воздуха на выходе и входе в сушилку.

3. Оформите отчет по работе.

### ***Примеры решения задачи***

#### ***Пример 1***

**Задание:** На сушку поступило 800 кг рыбы с содержанием влаги 72 %. После сушки масса продукта составила 320 кг. Определите содержание влаги в готовой продукции в % от массы готовой продукции и в % от массы сухого вещества.

#### ***Решение***

Рассчитаем массу испарившейся влаги ( $M_v$ ) по разнице масс рыбного сырья до и после высушивания:

$$M_B = M_1 - M_2 = 800 - 320 = 480 \text{ кг}$$

Исходя из формулы(13.1) найдем содержание влаги в готовой продукции в % от массы готовой продукции, подставив известные значения:

$$M_B = \frac{M_1(W_1 - W_2)}{100 - W_2}$$

$$480 = \frac{800 \cdot (72 - W_2)}{100 - W_2}$$

$$W_2 = 30 \%$$

Рассчитаем содержание влаги в готовой продукции в % от массы сухого вещества ( $W_c$ ) по формуле (13.2):

$$W_c = \frac{W \cdot 100}{100 - W} = \frac{30 \cdot 100}{100 - 30} = 42,9 \%$$

*Ответ:*Содержание влаги в готовой продукции 30 % от массы готовой продукции и 42,9 % от массы сухого вещества.

### Пример 2

*Задание:*Определить массу сухого воздуха, необходимого для сушки рыбы, если при этом испаряется 20 кг влаги, а влагосодержание воздуха на входе и выходе из сушильного аппарата равно 0,001 и 0,1 кг/кг соответственно. Определить массу сухого воздуха, необходимого для испарения 1 кг влаги из продукта.

*Решение*

В соответствии с формулами (13.7), (13.8) получаем

$$L_B = \frac{M_B}{d_2 - d_1} = \frac{20}{0,1 - 0,001} = 202 \text{ кг}$$

$$l = \frac{L_B}{M_B} = \frac{202}{20} = 10,1 \text{ кг/кг}$$

*Ответ:* необходимо 202 кг сухого воздуха и 10,1 кг сухого воздуха для испарения 1 кг влаги из продукта.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Дайте определение понятиям сушеная и вяленая рыбная продукция.
2. Формулы расчета выхода сушеного продукта и количества испарившейся влаги.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Байдалинова, Л. С. Биохимия сырья водного происхождения: учеб. пособие / Л. С. Байдалинова, А. А. Яржомбек. – Москва: МОРКНИГА, 2011. – 504 с. – ISBN 978-5-903081-32-5.
2. Биотехнология рационального использования гидробионтов: учебник / под ред. О. Я. Мезеновой. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2013. – 412 с. – ISBN 978-5-8114-1438-3 (в пер.).
3. Бредихина, О. В. Научные основы производства рыбопродуктов: учеб. пособие / О. В. Бредихина, С. А. Бредихин, М. В. Новикова. – Москва: КолосС, 2009. – 152 с. – ISBN 978-5-9532-0685-3 (в пер.).
4. Догарева, Н. Г. Общая технология молочной отрасли: лабораторный практикум / Н. Г. Догарева, Л. В. Голубева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009 – 52 с.
5. Жаринов, А. И. Расчетно-аналитические методы в колбасном производстве / А. И. Жаринов, М. П. Воякин // Все о мясе. – 2007. – № 6. – С. 29–34.
6. Примеры и задачи в холодильной технологии пищевых продуктов. Ч. 2. Общая технология отрасли: учеб. пособие / В. Е. Куцакова, Н. А. Уварова, С. В. Мурашев, А. Л. Ишевский. – Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, 2002. – 289 с. – ISBN 5-89565-052-X
7. Ковалева, И. П. Свойства продуктов питания, их значение в оценке качества и безопасности: учеб. пособие / И. П. Ковалева, И. М. Титова, О. П. Чернега. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 172 с.
8. Мезенова, О. Я. Технология и качество продуктов питания на основе сырья животного происхождения: учеб. пособие / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Н. С. Сергеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 257 с.
9. Мезенова, О. Я. Современные биотехнологии продуктов животного происхождения: учеб. пособие для студентов направления 260100.68 – Технология продуктов питания, обучающихся по магистер. прогр. 260116.68 – Биотехнология продуктов живот. происхождения / О. Я. Мезенова; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2010. – Ч. 1. – 2010. – 344 с.
10. Общие принципы переработки сырья и введение в технологии продуктов питания: метод. указ. к практ. занан. по дисц. «Общие принципы переработки сырья и введение в технологии продуктов питания» для студ. вузов напр. 260100.62 – Технология продуктов питания / ФГОУ ВПО «КГТУ»; О. Н. Анохина, М. Н. Альшевская. – Калининград: КГТУ, 2009. – 74 с.
11. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов / В. В. Баранов, И. Э. Бражная, В. А. Гроховский [и др.]; под ред. А. М. Ершова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. – 944 с. – ISBN 5-901065-78-6

12. Технология продуктов из гидробионтов / С. А. Артюхова, В. Д. Богданов, В. М. Дацун [и др.]; под ред. Т. М. Сафроновой, В. И. Шендерюка. – Москва: Колос, 2001. – 496 с. – ISBN 5-10-003262-6

13. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник / А. М. Ершов [и др.]. – Москва: КОЛОС, 2010. – 1063 с. – ISBN 978-5-10-004111-5.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

### Нормограммы

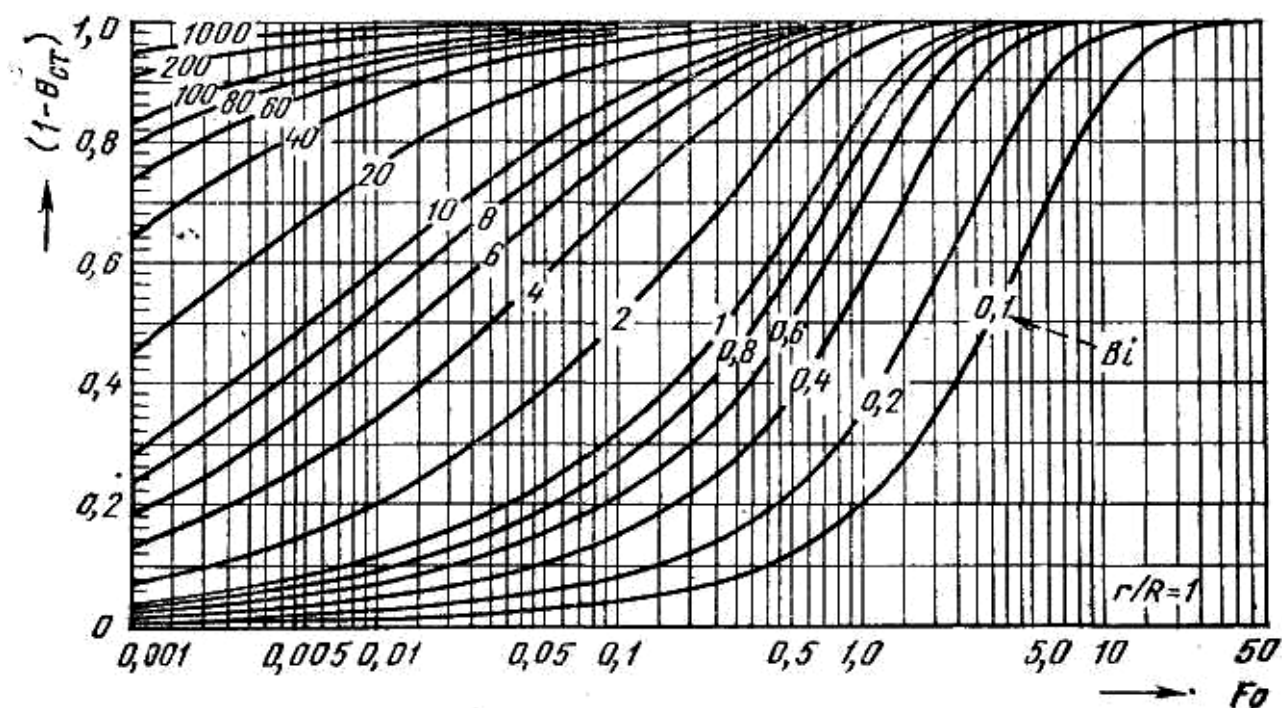


Рисунок А1 – Номограмма для поверхности пластины

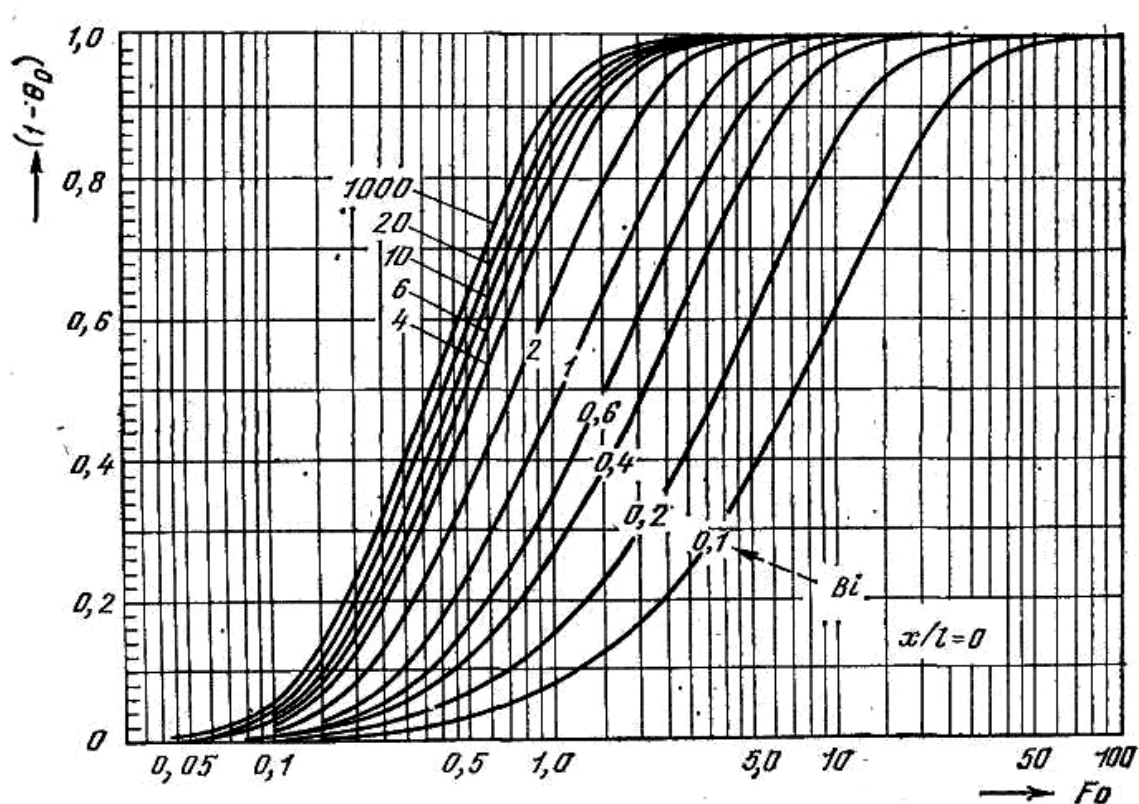


Рисунок А2 – Номограмма для средней плоскости пластины

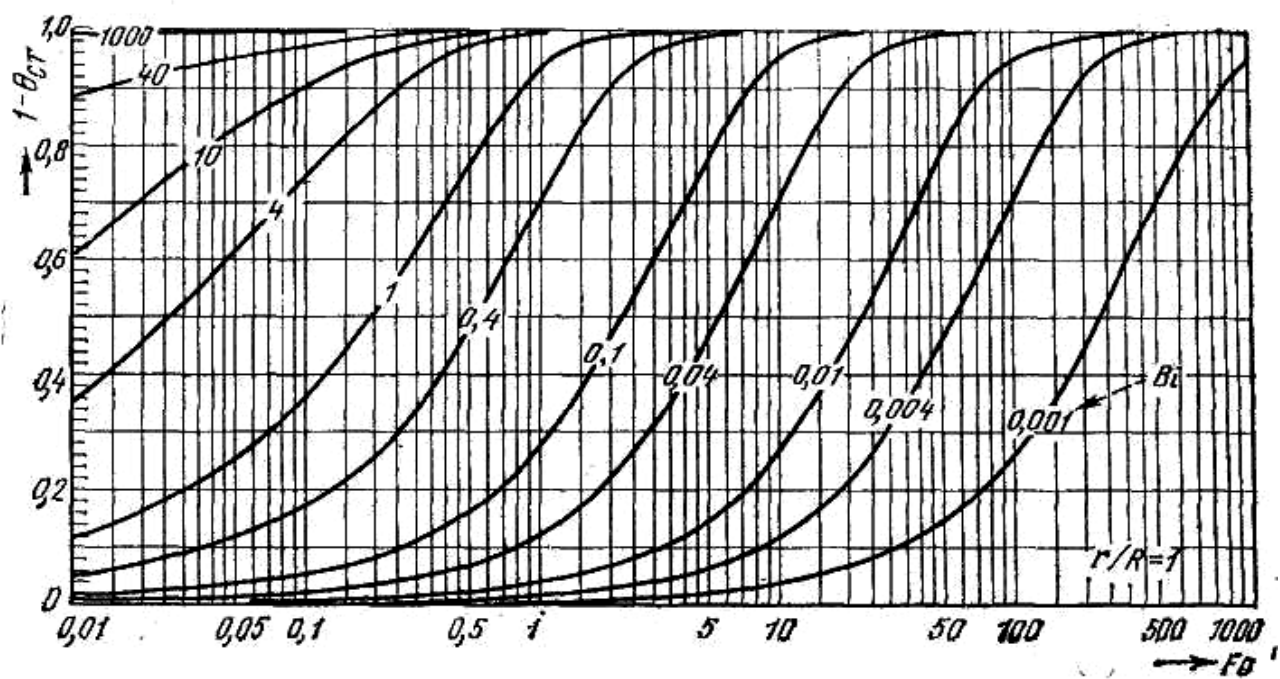


Рисунок А3 – Номограмма для поверхности шара

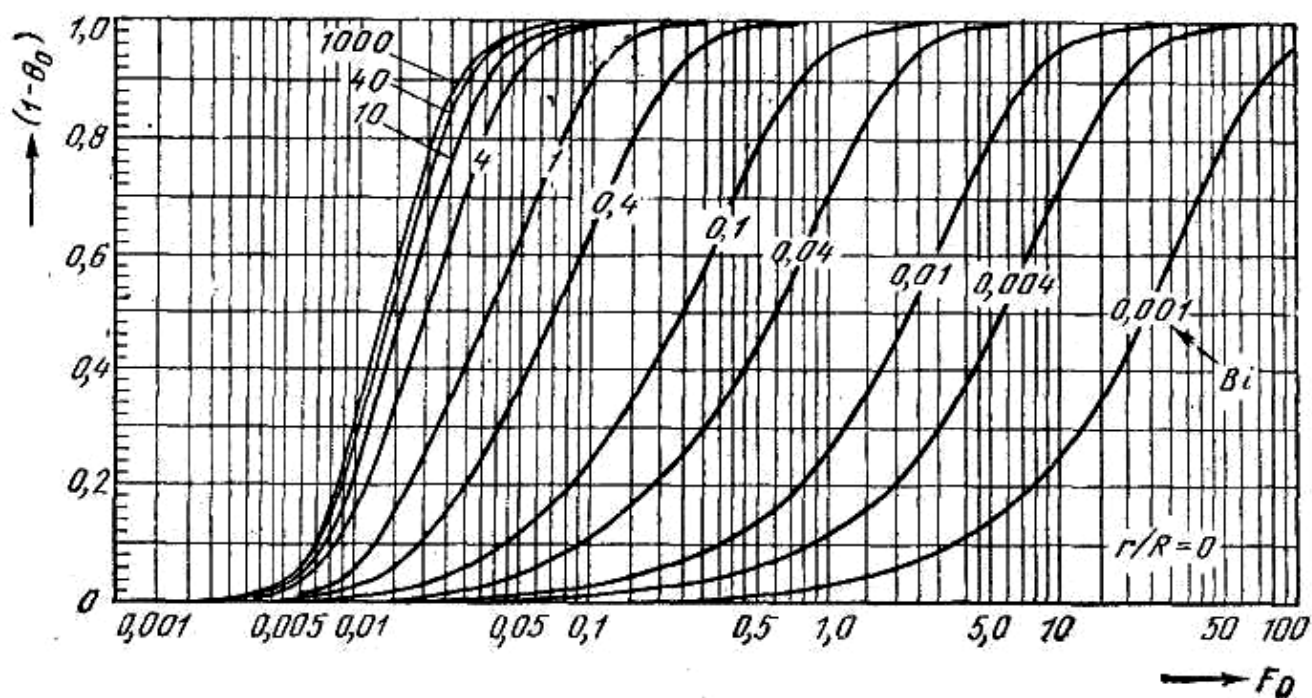


Рисунок А4 – Номограмма для центра шара

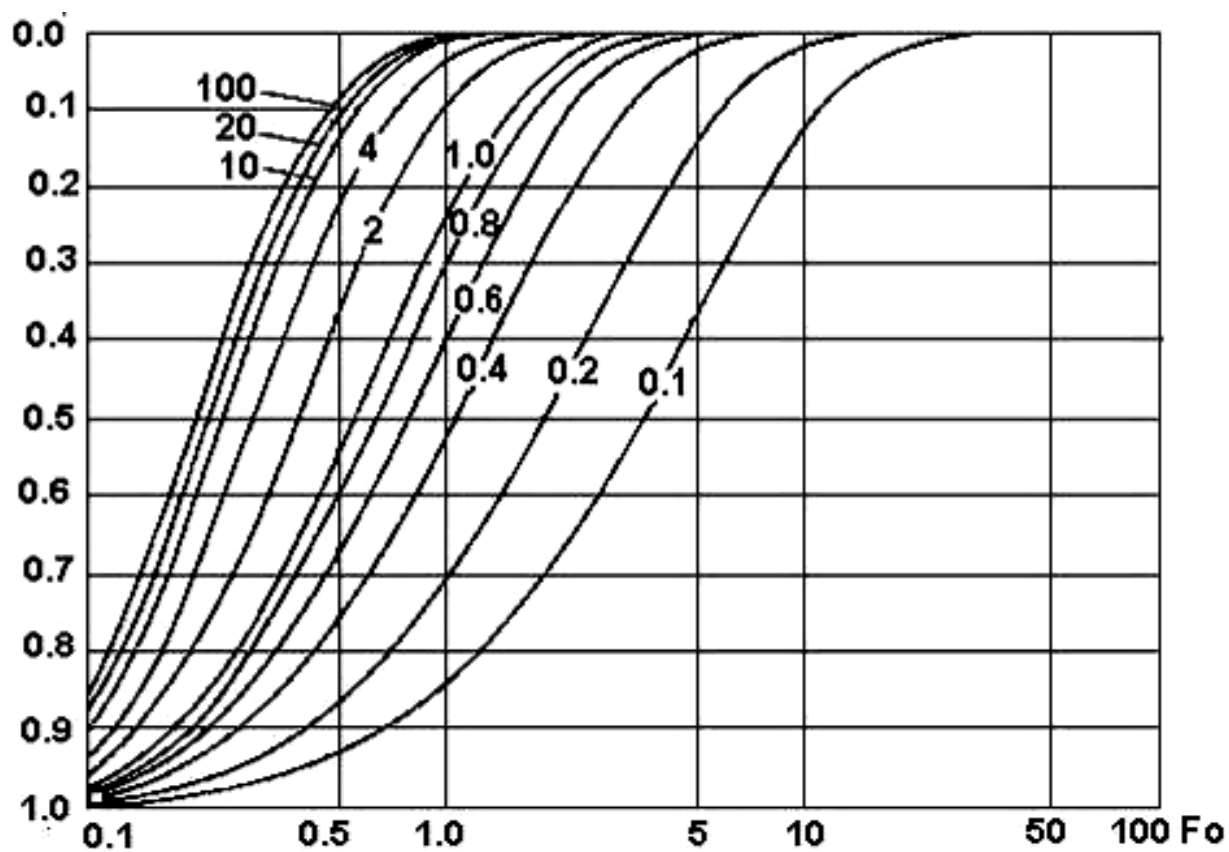


Рисунок А5 – Номограмма для центра цилиндра



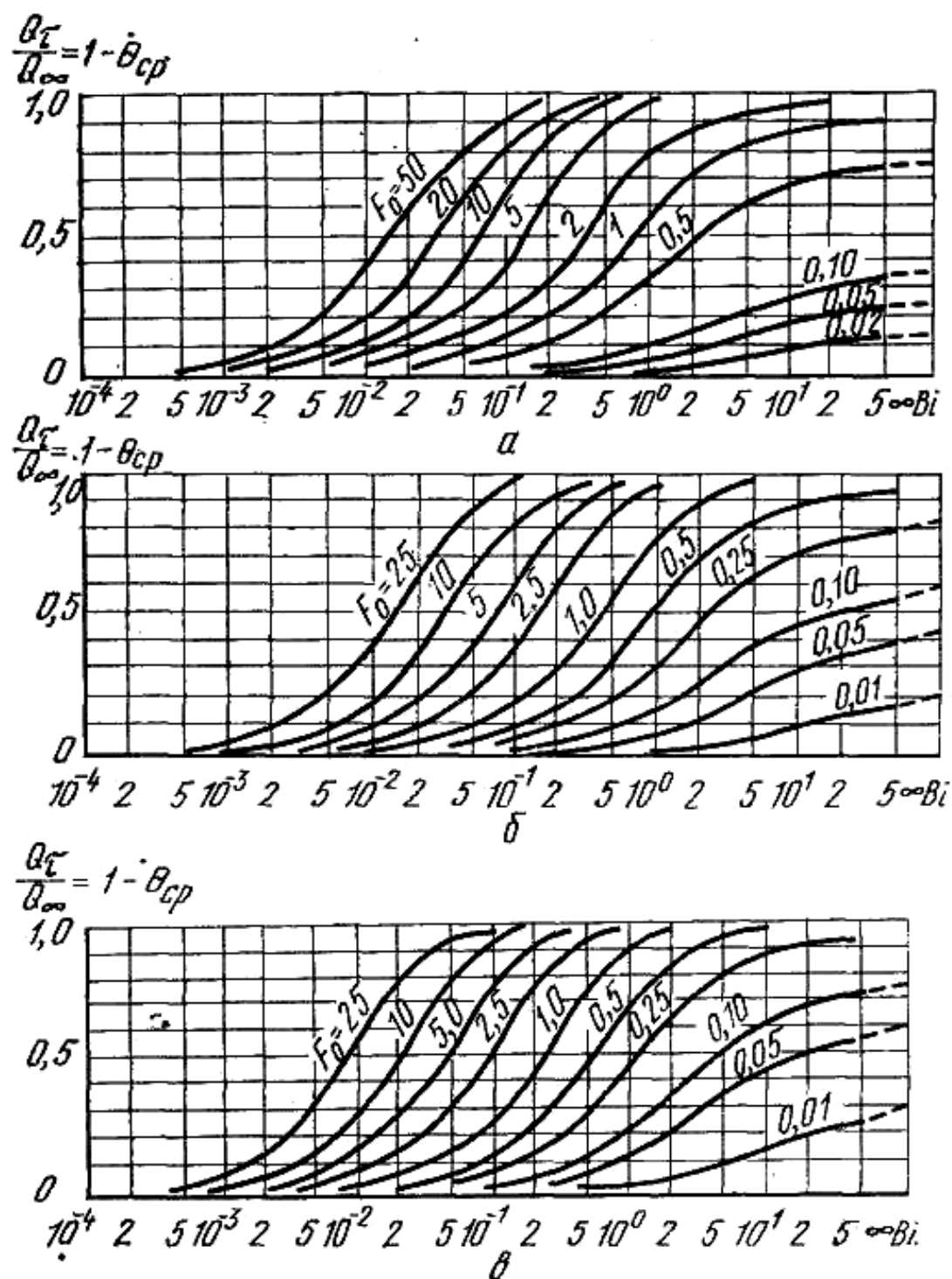


Рисунок А6 – Номограммы для безразмерной среднеобъемная температура для пластины (а), цилиндра (б) и шара (в)

Энтальпия некоторых продуктов

Таблица Б1 – Теплосодержание продуктов (энтальпия), кДж/кг

Температура продукта, °С	Говядина, птица	Рыба	Фрукты, пло- ды, овощи	Творог
минус 20	0	0	0	0
минус 18	4,6	5	6,7	9,4
минус 10	30,2	33,6	38,5	53,2
минус 2	98,8	117	211	200
0	232	266	272	299
2	238	278	279	305
4	245	280	287	313
10	264	301	309	334
20	297	336	346	373
30	329	371	385	405

Корни характеристического уравнения

ctg $\mu = \mu / Bi$ (пластина)	
$Bi$	$\mu_1$
0,001	0,0316
0,002	0,0447
0,004	0,0632
0,006	0,0774
0,008	0,0893
0,01	0,0998
0,02	0,1410
0,06	0,2430
0,1	0,3111
0,2	0,4328
0,3	0,5218
0,4	0,5932
0,5	0,6533
0,6	0,7051
0,7	0,7506
0,8	0,7910
0,9	0,8274
1	0,8603
1,5	0,9882
2	1,0769
3	1,1903
4	1,2607
5	1,3138
7	1,3766
10	1,4289
100	1,5552
$\infty$	1,5700

tg $\mu = - \mu / (Bi - 1)$ (шар)	
$Bi$	$\mu_1$
0,01	0,1730
0,02	0,2445
0,04	0,3450
0,06	0,4217
0,08	0,4860
0,1	0,5423
0,2	0,7593
0,3	0,9208
0,4	1,0528
0,5	1,1656
0,6	1,2644
0,7	1,3525
0,8	1,4320
0,9	1,5044
1	1,5708
2	2,0288
3	2,2889
4	2,4557
5	2,5704
7	2,7165
10	2,8363
100	3,1105
$\infty$	3,1400

**Значения водоудерживающей способности основных видов мясного сырья и вспомогательных материалов**

Таблица Г.1 – Значения ВУС основных видов мясного сырья и белоксодержащих препаратов, используемых при производстве мясных продуктов (кг воды на 1 кг сырья)

Вид мясного и белоксодержащего сырья	Содержание мышечной ткани, %	ВУС, кг/кг
Говядина:		
высшего сорта	95	0,50–0,52
I сорта	85	0,40–0,47
II сорта	70	0,30–0,38
односортная	75	0,40–0,45
жирная	5	0,02–0,03
Свинина:		
нежирная	95	0,50–0,52
полужирная – 70	70	0,30–0,35
полужирная – 50	50	0,27–0,28
жирная – 45	45	0,23–0,25
жирная – 30	30	0,15–0,17
Рулька	65	0,30–0,36
Шпик:		
боковой	5	0,02–0,03
хребтовый	-	0,00
Колбасная говяжья жилка (после гидролиза в пищевых кислотах)		0,2
Колбасная свиная шкурка:		
сырая		0,2–0,3
термообработанная		3,0–4,0
Мясо птицы механической дообвалки (с кожей)		0,15–0,25
Мясо птицы ручной обвалки без кожи		0,33
Яйцепродукты:		
яичный порошок		3,7–4,2
сухой яичный альбумин		5–7
Соевые белковые препараты		
Мука:		
цельная соевая		2,0
полуобезжиренная		2,0–2,5
обезжиренная		2,5–3,0
обезжиренная текстурированная		2,5–4,8
Концентраты:		
традиционные		3,0–3,5
функциональные		4–5
Изоляты:		
традиционные		4–5
функциональные		5–7

Вид мясного и белоксодержащего сырья	Содержание мышечной ткани, %	ВУС, кг/кг
Пшеничный изолят		2,0–3,0
Молочно-белковые препараты: сухое обезжиренное молоко		0,5–1,4
Сухая сыворотка молока:		
подсырная		0,8–1,2
творожная		0,4–0,6
казеинат натрия		3,5–7,0
препараты типа Анисомин		1,0
Препараты на основе крови:		
сухая плазма		8–12
Gitpro D		7,0–8,0
препараты типа АМР, Типро		5–7
смеси плазмы и молочных белков		3,5–5,0
Препараты на основе коллагенового сырья:		
Желатин		12–25
типа:		
Миогель		3–8
Типро		12–22
Кат-про		10–28
Провико		4–25
Биогель		20–23
Коллапро, Промит, Белкол		18–24
Эмульпро		10–15
Сканпро БР-95		
в холодном виде		9–11
после тепловой обработки		16–30
Сканпро-текстурат		4
Gitpro – Р		10–15
Gitpro ВР		10–20

Таблица Г.2 – Значения ВУС некоторых видов пищевых добавок и растительных ингредиентов, используемых при производстве мясопродуктов (кг воды / кг ингредиента)

Ингредиенты	ВУС, кг/кг	Ингредиенты	ВУС, кг/кг
Препараты:		Мука и крупы после экструзии:	
каррагинаны	20–60	гороховая	2,8–3,2
альгинат натрия	15–20	пшеничная	3,0–6,0
микрокристаллическая	1,4–2,2	ячменная	4,5–5,0
целлюлоза		рисовая	5,0–6,0
Крахмалы:		овсяная	3,5–4,0
нативные	2,2–3,0	чечевичная	6,0–7,7
модифицированные	5,4–7,1	пшеничная	3,0–3,5

Ингредиенты	ВУС, кг/кг	Ингредиенты	ВУС, кг/кг
Клетчатка (пищевые волокна):		Крупы (нативные):	
пшеничная клетчатка	6,0–8,2	манная	1,5
отруби пшеничные	1,2–1,5	гречневая	2,4–3,0
соевая клетчатка	4,8–5,0	перловая	2,8
свекольные ПВ	4,3–11,0	ячневая	2,5
гороховые ПВ	1,0–1,2	пшеничная	2,0–2,4
гороховая клетчатка	4,8–5,0	Мука:	2,5
морковные ПВ	10,0–12,0	картофельная	3,8–4,9
хлопья пшеничного зародыша	3,0–3,4	рисовая	1,4
Клетчатка:		ячменная	1,7
лимонная	10,0–19,0	гречневая	0,9–1,2
картофельная	10,0–30,0	пшеничная	0,9
яблочная	4,0–5,8	пшеничнаягороховая	0,4–0,7
овсяная	6,0–6,2	овсяная	1,0
тыквенные ПВ	7,2–7,9	чечевичная	2,0–3,7
ячменные ПВ	7,0–7,5	нутовая	1,8–2,5
		Модифицированная клетчатка:	
		морковная	18–26
		цитрусовая	17,0
		яблочная	15–16

Локальный электронный методический материал

Марина Николаевна Альшевская  
Маргарита Эдуардовна Мошарова

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Редактор С. Кондрашова  
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 8,4. Печ. л. 7,4.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1