

Компонент ОПОП Продукты питания животного происхождения  
наименование ОПОП

Технологии обработки водных биологических ресурсов на судах и береговых  
предприятиях  
направленность (профиль)

**Б1.О.19 (очная форма, заочная форма)**  
шифр дисциплины

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины  
(модуля)

Тепло- и массообменные технологические процессы

Разработчик:  
Коробицин А.А.  
ФИО

должность  
канд. техн. наук  
ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры  
Технологий пищевых производств  
наименование кафедры

протокол № 12 от 27.04.2021 г.  
Заведующий кафедрой

  
подпись

В.А. Гроховский  
ФИО

Мурманск  
2021

## Пояснительная записка

Объем дисциплины 4 з.е.

### 1. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>ОПК-5</b> Способен организовывать и контролировать производство продукции из сырья животного происхождения</p>	<p>ИД-1 оПК-5 Владеет необходимыми знаниями в области организации и контроля производства продукции из сырья животного происхождения</p> <p>ИД-2 оПК-5 Применяет знания по организации и контролю производства продукции из сырья животного происхождения при решении профессиональных задач</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тепло- и массообменные технологические процессы переработки пищевого сырья – охлаждение, подмораживание, замораживание, тепловую обработку с использованием теплопередачи между технологическими средами и объектами обработки конвекцией, теплопроводностью, радиацией и др., а также массообменные технологические процессы с переносом вещества диффузией, термовлагодиффузией, осмосом и др. (посол, сушка, копчение);</li> <li>- основные закономерности и уравнения, описывающие теплоперенос и массоперенос в пищевом сырье и технологических средах, используемых в пищевой промышленности, а также ключевые технологические факторы, влияющие на скорость и интенсивность процессов переноса, способы управления скоростью и интенсивностью процесса;</li> <li>- критерии и показатели, применяемые для оценки скорости и эффективности тепло- массообменных технологических процессов пищевых производств;</li> <li>- актуальные задачи повышения энергоэффективности, производительности и снижения энергоемкости и себестоимости технологических процессов пищевых производств, а также принципы и способы их оптимизации;</li> <li>- современные программные пакеты для моделирования и оптимизации тепло- и массообменных технологических процессов MatLab</li> <li>- основные понятия и законы протекания процессов тепломассообмена в различных аппаратах технологических линий пищевых производств;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить эксперименты по выбранной методике и анализировать их результаты с целью анализа и</li> </ul>

		<p>оптимизации тепло- массообменных технологических процессов переработки сырья животного происхождения и производства продуктов питания животного происхождения.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выбирать адекватные математически модели для описания процессов тепло- и массообмена,</li><li>- производить математические расчеты дифференциальных уравнений тепло- и массопереноса.</li></ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- навыками работы с различными источниками информации, анализа и обобщения необходимых сведений, связанных с выбором рационального типа аппарата и с основными требованиями по его эксплуатации;</li><li>- навыками определения оптимальных параметров процесса и способов их достижения;</li><li>- навыками математического описания тепловых и массообменных технологических процессов</li><li>- навыками анализа и оптимизации по сформулированным критериям тепло-массообменных технологических процессов с применением современных средств ПО (Matlab)</li></ul>
--	--	--

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

### Модуль 1. Введение

**Тема 1.** Содержание дисциплины «Тепло- и массообменные технологические процессы». Основные понятия

**Тема 2.** Два вида переноса: поле и потенциал; движущая сила процесса. Законы переноса массы и энергии. Классификация основных технологических процессов. Принципы оптимизации технологических процессов.

### Модуль 2. Тепловые процессы.

**Тема 1.** Общая характеристика тепловых процессов, их роль в пищевой промышленности. Балансы энергии для теплообменных процессов. Способы передачи тепла и их характеристика. Теплофизические и механические характеристики сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологических сред, используемых в пищевых производствах (коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, объемная теплоемкость, коэффициент температуропроводности).

**Тема 2.** Механизм переноса тепла теплопроводностью, конвекцией, излучением. Тепловое подобие. Критерии теплового подобия. Их применение в практических расчетах. Метод неразрушающего контроля (термографии) применительно к определению теплофизических характеристик сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологических сред, используемых в пищевых производствах.

**Тема 3.** Основное уравнение теплопередачи. Применение основного уравнения теплопередачи для расчета теплообменной аппаратуры.

**Тема 4.** Характеристика различных способов нагревания, охлаждения и замораживания. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Определение поверхности теплообмена. Охлаждение. Замораживание. Продолжительность охлаждения, замораживания и оттаивания. Формула Планка. Примеры расчета процессов замораживания и размораживания, охлаждения, нагревания.

**Тема 5.** Передача тепла конвекцией. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Тепловое подобие. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Движущая сила теплообменных процессов. Определение потерь теплоты стенками аппарата в окружающую среду и расчет энергоэффективности установки. Оптимизации режимов нагрева с применением современных математических методов и средств ПО.

**Тема 6.** Конструкция основных видов теплообменной аппаратуры, применяемой в пищевой промышленности. Характеристика основных теплоносителей, их сравнительная оценка.

### Модуль 3. Массообменные процессы.

**Тема 1.** Общие сведения о массообменных процессах. Механизмы переноса массы. Молекулярная и конвективная диффузия.

**Тема 2.** Моделирование массообменных процессов. Физическое моделирование. Сущность теории подобия. Основные теоремы подобия и их практическое применение. Подобие массообменных процессов. Материальный баланс при массопередаче.

**Тема 3.** Математическое моделирование. Выбор модели процесса. Составление полной математической модели с учетом кинетики процесса.

**Тема 4.** Теория пограничных слоев. Дифференциальные уравнения молекулярной и конвективной диффузии. Подобие тепловых и массообменных процессов.

**Тема 5.** Аналогии процессов переноса тепла и массы. Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Движущая сила процесса. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.

**Тема 6.** Изучение процесса массопереноса в сырье животного происхождения на примере диффузии воды в технологических процессах сушки и копчения с определением и

расчетом коэффициента диффузии воды при разных режимах. Оптимизации режимов сушки с применением современных математических методов и средств ПО.

**Тема 7.** Изучение процесса массопереноса в сырье животного происхождения на примере диффузии соли в технологических процессах посола с определением и расчетом коэффициента диффузии соли при разных режимах. Оптимизации режимов посола с применением современных математических методов и средств ПО

**Тема 8.** Сушка. Физические основы процесса. Характеристика влажных материалов. Форма связи влаги с материалом. Кинетика сушки. Параметры влажного воздуха и определение их с помощью  $i$ -х диаграммы. Изображение процессов нагрева, охлаждения, смешения и сушки на  $i$ -х диаграмме.

**Тема 9.** Материальный и тепловой балансы сушки. Основные расчеты сушильных установок. Движение влаги в материале. Сорбция и десорбция влаги. Равновесие при сушке, движущая сила процесса. Кинетика сушки. Кривые сушки и скорости сушки. Особенности сушки различных материалов. Способы сушки.

### **3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)**

- ✓ Презентационные материалы.
- ✓ Краткий конспект лекций.
- ✓ Методические указания для самостоятельной работы.

Учебно-методические материалы представлены на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

### **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

#### ***Основная литература:***

1. Глазунов, Ю.Т. Моделирование процессов пищевых производств : учеб. пособие / Ю. Т. Глазунов, А. М. Ершов, М. А. Ершов. - Москва : Колос, 2008. - 356 с
2. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. - 12-е изд., стер., дораб. - Москва : Альянс, 2005. - 750 с.
3. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / [Артюхова С. А. и др.] ; под ред. А. М. Ершова. - [2-е изд.]. - Москва : Колос, 2010. - 1063 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - Авт. указаны на обороте тит. л. - ISBN 978-5-10-004111-5 : 1030-00. 36.94 - Т 38
4. Алексеев, Г. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Н. И. Лукин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-1135-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210719> (дата обращения: 14.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Пелевина, Л. Ф. Процессы и аппараты : учебник / Л. Ф. Пелевина, Н. И. Пилипенко. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 332 с. — ISBN 978-5-

8114-4617-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131013> (дата обращения: 14.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Дополнительная литература:**

6. Петров, В. И. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств : учебное пособие / В. И. Петров, Д. М. Попов. — Кемерово : КемГУ, 2013. — 127 с. — ISBN 978-5-89289-748-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/45640> (дата обращения: 14.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Массообменные и механические процессы: Учебное пособие по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств» для студентов технических специальностей и направлений подготовки бакалавров (очной и заочной форм обучения) / З.А. Меретуков. – Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2015. – 224 с

8. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учебник для вузов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. - Москва : КолосС, 2004. - 571 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов). - ISBN 5-9532-0187-7 : 452-64. 36.92 – А 72

9. Охлаждение и замораживание растительного сырья : учеб. пособие. Ч. 1. Охлаждение / Б. Н. Семенов, А. М. Ершов, А. Б. Одинцов, Н. Н. Рулев ; Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, МГТУ. - Мурманск : МГТУ, 2000. - 74 с. : ил. - ISBN 5-86185-096-8 : 35-00. 36.91 - О-92

10. Шокина, Ю. В. Научные основы производства рыбопродуктов : лаб. практикум : учеб. пособие для вузов / Ю. В. Шокина. - Санкт-Петербург : Гиорд, 2003. - 88 с. - ISBN 5-901065-70-0 : 93-50. 36.94 - Ш 78

11. Курочкин, А. А. Технологическое оборудование в вопросах и ответах : учебно-методическое пособие / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, А. Ф. Чамин. — Пенза : ПензГТУ, 2011. — 134 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/62570> (дата обращения: 30.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Иванец В.Н., Бакин И.А., Ратников С.А. Процессы и аппараты пищевых производств: Учебное пособие. – Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.– Кемерово, 2004.–180с.

### **6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБС «Издательство Лань».
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
3. ЭБС «Издательско-торговая компания дом «Троицкий мост»
4. «ЭБС Консультант студента»
5. ЭБС «IPRbooks»
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ).
7. Базы данных компании EBSCO

### **7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Операционная система Microsoft Windows VistaBusinessRussianAcademic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008 (договор №32/379 от 14.07.08 г.)
2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 RussianAcademic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор 32/224 от 14.0.2009 г.).
3. Программа для математических расчетов Matlab 8.2.

## 8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)** представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МГТУ;

Не допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

## 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения			
	Очная		Заочная	
	Курс/семестр	Всего часов	Курс/сессия	Всего часов
	Курс 2/ семестр 3		Курс 3 / сессия 1	
Лекции	34	34	6	6
Лабораторные работы	-	-	-	-
Практические работы	108	108	16	16
Самостоятельная работа	2	2	118	118
Подготовка к промежуточной аттестации	-	-	4	4
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
Формы промежуточной аттестации и текущего контроля				
Зачет с оценкой	+		+	
Количество контрольных работ	1		1	

### Перечень практических работ по формам обучения

№ п/п	Темы практических работ
-------	-------------------------

1	2	3
	Очная форма	Заочная форма
1.	Изучение методов экспериментального определения тепло-физических характеристик (ТФХ) сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологических сред, используемых в пищевых производствах. Расчет ТФХ сырья и продуктов животного происхождения, технологических сред (коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, объемная теплоемкость, коэффициент температуропроводности) – 14 ч.	Изучение методов экспериментального определения тепло-физических характеристик (ТФХ) сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологических сред, используемых в пищевых производствах.- 2 ч.
2.	Изучение технологического процесса охлаждения сырья животного происхождения и расчет его продолжительности различными методами – 10 ч.	Изучение технологического процесса охлаждения сырья животного происхождения и расчет его продолжительности различными методами – 3 ч.
3.	Изучение технологических процессов замораживания и размораживания сырья животного происхождения и расчет их продолжительности различными методами – 10 ч.	Изучение технологических процессов замораживания и размораживания сырья животного происхождения и расчет их продолжительности различными методами – 3 ч.
4.	Изучение процесса массопереноса в сырье животного происхождения на примере диффузии воды в технологических процессах сушки и копчения с определением и расчетом коэффициента диффузии воды при разных режимах. Оптимизации режимов сушки с применением современных математических методов и средств ПО – 18 ч.	Изучение процесса массопереноса в сырье животного происхождения на примере диффузии воды в технологических процессах сушки и копчения с определением и расчетом коэффициента диффузии воды при разных режимах. – 3 ч.
5.	Изучение процесса массопереноса в сырье животного происхождения на примере диффузии соли в технологических процессах посола с определением и расчетом коэффициента диффузии соли при разных режимах. Оптимизации режимов посола с применением современных математических методов и средств ПО – 17 ч.	Изучение процесса массопереноса в сырье животного происхождения на примере диффузии соли в технологических процессах посола с определением и расчетом коэффициента диффузии соли при разных режимах. – 3 ч.
6.	Изучение методов неразрушающего контроля (термографии) применительно к определению ТФХ сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологических сред, используемых в пищевых производствах. Расчет ТФХ сырья и продуктов животного происхождения, технологических сред (коэффициент теплопроводности, объемная теплоемкость, коэффициент температуропроводности) методом Паркера – 14 ч.	Изучение методов неразрушающего контроля (термографии) применительно к определению ТФХ сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологических сред, используемых в пищевых производствах. – 2 ч.

7.	<p>Изучение процесса нагрева сырья животного происхождения и рекуперации теплоты в трубчатой теплообменной установке с определением и расчетом коэффициента регенерации при разных расходах воды, коэффициента теплопередачи при разных расходах воды для секции регенерации. Определение потерь теплоты стенками аппарата в окружающую среду и расчет энергоэффективности установки. Оптимизации режимов нагрева с применением современных математических методов и средств ПО – 16 ч.</p>	
8.	<p>Изучение процесса нагрева сырья животного происхождения и терморadiационной установке и расчет тепловых полей в полуфабрикate с применением математических методов. Определение потерь теплоты стенками аппарата в окружающую среду и расчет энергоэффективности установки. Оптимизации режимов нагрева с применением современных математических методов и средств ПО – 10 ч.</p>	
	ИТОГО 108 ч.	ИТОГО 16 ч.