

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 № 8 от 01.03.2022 г.
Заведующий кафедрой


подпись

В.А. Гроховский
ФИО

Мурманск
2022

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>ОПК-5 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>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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); - 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; - критерии и показатели, применяемые для оценки скорости и эффективности тепло- массообменных технологических процессов пищевых производств; - актуальные задачи повышения энергоэффективности, производительности и снижения энергоемкости и себестоимости технологических процессов пищевых производств, а также принципы и способы их оптимизации; - современные программные пакеты для моделирования и оптимизации тепло- и массообменных технологических процессов MatLab - основные понятия и законы протекания процессов тепломассообмена в различных аппаратах технологических линий пищевых производств; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить эксперименты по выбранной методике и анализировать их результаты с целью анализа и |

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

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 |
| Всего часов по дисциплине | 144 | 144 | 144 | 144 |
| 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. |