

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою
Інституту технічної теплофізики
НАН України
протокол № 6
від «25» 03 2021 р.

Зам.голови Вченої ради
Інституту технічної теплофізики
НАН України



_____ А.О.Авраменко

**ТЕПЛОМАСООБМІН В СУШИЛЬНИХ УСТАНОВКАХ
(ШИФР ЗА ОП)**

ПРОГРАМА

НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Третій науково-освітній рівень вищої освіти

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Освітньо-наукова програма 14 «Електрична інженерія»

Денна форма навчання

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Доктор технічних наук, професор
СНЕЖКІН ЮРІЙ ФЕДОРОВИЧ

ВСТУП

Програму навчальної дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках» складено відповідно до освітньо-наукової програми 14 «Електрична інженерія» третього науково-освітнього рівня вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика».

Навчальна дисципліна належить до циклу професіональної підготовки.

Статус навчальної дисципліни – вибіркова.

Обсяг навчальної дисципліни 3.0 кредитів ЄКТС.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу базується на таких курсах – «Термодинаміка вологого матеріалу», «Гігростатика», «Тепломасообмін в процесах сушіння», «Теплофізика».

Курс «Тепломасообмін в сушильних установках» є елементом підготовки спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни

Основною метою навчальної дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках» є отримання аспірантами знань закономірностей тепло і вологообміну в складних процесах зневоднення колоїдних, капілярно пористих та колоїдних капілярно-пористих матеріалах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати і вирішувати складні задачі тепломасообміну в процесах сушіння різних матеріалів, визначати тривалість зневоднення, головні габаритні розміри сушарок та їх тепловий розрахунок. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при

дослідженні теплових процесів в технологічних процесах з різними типами сушарок при використанні різних джерел енергії.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗДАТНІСТЬ:

- Самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі тепломасообміну в процесах сушіння в різних типах сушильних установок;
- Виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні процесів зневоднення різних видів матеріалів;
- Самостійно робити теплові і конструктивні розрахунки різних типів сушильних установок;
- ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ФК1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів;
- ФК2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень теплофізичних властивостей систем і матеріалів, фізичних явищ і процесів, обробленні та презентації їхніх результатів;
- ФК5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної теплофізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- Закономірностей тепломасообміну в процесах сушіння різних видів вологих матеріалів;

- Методів розрахунку тепломасообміну процесів зневоднення колоїдних, капілярно-пористих та колоїдних капілярно-пористих вологих матеріалів.

УМІННЯ:

- Самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі тепломасообміну в сушильних установках;
- ПРН9 Вміння застосовувати теплофізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів, речовин і наукоємних технологій;
- ПРН11 Вміння застосовувати науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- ПРН12» Вміння класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної теплофізики;
- ПРН13 Вміння організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВСТУП ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ В СУШИЛЬНИХ УСТАНОВКАХ.

РОЗДІЛ 1. Фізико-хімічні основи процесу сушіння.

Тема 1.1. Вологий матеріал.

Фізико-хімічні характеристики води. Адсорбційні явища. Класифікація форм зв'язку вологи в матеріалах. Енергія зв'язку вологи з матеріалом. Ув'язка класифікації форм зв'язку вологи зі змінами властивостей вологих матеріалів при їх обробці.

Тема 1.2. Термодинамічні характеристики вологого матеріалу.

Потенціал масопереносу. Хімічний потенціал масопереносу. Масаємність. Теплофізичні характеристики вологих матеріалів.

РОЗДІЛ 2. Теорія переносу енергії і вологи в процесах сушіння.

Тема 2.1. Тепломасообмін в процесах сушіння.

Експериментальні закономірності процесу сушіння. Аналіз процесу сушіння. Перенос вологи з поверхні матеріалу в середню сушильну камеру. Диференціальне рівняння переносу теплоти. Диференціальне рівняння переносу вологи.

Тема 2.2. Числа подоби тепломасообміну в процесах сушіння.

Числа (критерії) Фур'є, Грасгофа, Пекле, Прандтля, Нуссельта Био, Гухмана, Кирпічова, Ликова, Поскова, Коссовича, Ребіндера, Померанцева.

РОЗДІЛ 3. Основи техніки сушіння.

Тема 3.1. Класифікація методів теплового сушіння.

Конвективне сушіння. Кондуктивне сушіння. Сублімаційне сушіння. Конденсаційне сушіння.

Тема 3.2. Основи розрахунку сушильних установок.

План розрахунку сушарки. Методика розрахунку сушильної камери. Розрахунок кількості випареної вологи. Тепловий розрахунок сушильної камери. Побудова процесу в $I - d$ діаграмі.

2. Заплановані види навчальної діяльності та методи навчання

Заплановані види навчальних занять: лекції, семінарські заняття, а також консультації.

Під час навчання враховуються фактори, які впливають на навчання аспірантів (наприклад, модель ЗР Джона Біггса), принципи ефективного навчання (наприклад, принципи Чікерінга та Гемпсона) тощо. Навчання здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності з яким аспіранти мають працювати над практичними тематичними завданнями, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання.

Під час навчання застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- евристичні методи (методи створення ідей, методи вирішення творчих завдань, методи активізації творчого мислення);
- метод проблемно-орієнтованого навчання;
- системи реагування аудиторії (audience response system).

Під час навчання та для взаємодії з аспірантами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань, а також обладнання (проектор та електронні презентації для лекційних та семінарських занять).

4. Оцінювання результатів навчання

Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система.

5. Рекомендована література

Базова

1. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Пищевая промышленность. - Москва, 1973. – 528с.
2. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Техніка. – Київ, 2006. – 320с.
3. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сорокова Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Наукова думка. – Київ, 2014. – 743с.
4. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с.
5. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 433 с.
6. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Е.М. Теплотехніка: Підручник. – Київ: Фірма «ІНК ОС», 2005. – 400 с.
7. Константинов С.М. Технічна термодинаміка. – К.: Політехніка, 2001–377 с.

8.Завалий А.А., Снежкин Ю.Ф. Разработка и тепловое моделирование устройств инфракрасной сушки термолабильных материалов. – Симферополь, ИТ «АРИАЛ», 2016. – 264 с.

9.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162.

10.Теплотехніка: Підручник/О.Ф. Буляндра, Б.Х. Драганов, В.Г.Федорів та ін.; за ред. Б.Х. Драганова, О.Ф. Буляндри, - К: Вища шк., 1998. – 334с.

Додаткова література

1.Кампус НТУУ «КПІ» <https://login.kpi.ua/>

2. Науково-технічна бібліотека НТУУ «КПІ»<https://www.library.kpi.ua/>

3.Луканин В.Н., Шатров М.Г. Теплотехника. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2000. – 671 с.

4.Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. М.: Высшая школа, 1991. – 224 с.

5.Лыков А.В. Тепломассообмен (справочник): М.: Энергия: 1998.- 500 с.