

ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ НАН УКРАЇНИ

ТЕПЛОМАСООБМІН В СУШИЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	Назва
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)дистанційна
Рік підготовки, семестр	2 курс осінній
Семестровий контроль	Екзамен
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника	
Курсу/викладачів	Лектор: д.т.н.,професор, академік НАН України, Снежкін Юрій Федорович 1Snezhkin@gmail.com Семінарські: д.т.н.,професор, академік НАН України, Снежкін Юрій Федорович 1Snezhkin@gmail.com
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання.

Основною метою навчальної дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках» є отримання аспірантами знань закономірностей тепломасообміну в складних гіротермічних процесах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі тепломасообміну в вологих матеріалах та сушарках. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні тепломасообмінних процесів при сушінні вологих матеріалів.

ЗДАТНІСТЬ:

- Формулювати, аналізувати і вирішувати задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування;
- Розраховувати теплові процеси в сучасних та перспективних сушильних установках;
- 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.

2.Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення курсу «Тепломасообмін в сушильних установках» базується на таких курсах:

«Термодинаміка вологого матеріалу», «Гігростатика», «Теплофізика», «Тепломасообмін в процесах сушіння».

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

3.Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізико-хімічні процеси при сушінні.

Тема 1.1. Класифікація форм зв'язку вологи в матеріалах та їх зв'язок зі змінами властивостей вологих матеріалів при їх обробці.

Тема 1.2. Термодинамічні та теплофізичні характеристики вологого матеріалу.

Розділ 2. Теорія переносу енергії та вологи при сушінні.

Тема 2.1. Експериментальні закономірності процесу сушіння.

Тема 2.2. Тепломасообмін в процесах сушіння.

Розділ 3. Основи техніки сушіння.

Тема 3.1. Основні методи сушіння. Класифікація методів теплового сушіння.

Тема 3.2. Тепломасообмін в конвективних сушильних установках.

4. Навчальні матеріали та ресурси

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 ГРУПІ 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 «ІНКОС», 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

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.

5. Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів на СРА з посиланням на літературу)
1.	<p>Вступ. Фізико-хімічні характеристики води. Адсорбційні явища. Енергія зв'язку вологи з матеріалом.</p> <p>Література</p> <p>1. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ»СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с.</p> <p>2. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 433 с.</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА</p> <p>Ув'язка класифікації форм зв'язку вологи зі змінами властивостей вологих матеріалів при їх обробці. Стан вологи і енергія зв'язку в деяких матеріалах і продуктах.</p>
2.	<p>Потенціал масопереносу. Обґрунтування поняття потенціалу масопереносу. Хімічний потенціал переносу адсорбційно зв'язаної вологи, хімічно та капілярно зв'язаної вологи.</p> <p>Література</p> <p>1. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162.</p> <p>2. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Пищевая промышленность. - Москва, 1973. – 528с.</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА</p>

	Єдиний потенціал переносу вологи. Масоємність. Теплоємність, теплопровідність та температуропровідність вологих матеріалів.
3.	<p>Експериментальні закономірності процесу зневоднення та їх аналіз. Криві сушіння швидкості сушки та температурні криві. Періоди постійної та похилої швидкості сушіння.</p> <p>Література</p> <p>1.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162.</p> <p>2.Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ»СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с.</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА</p> <p>Як змінюються криві сушіння та швидкості сушіння при високотемпературному та низькотемпературному режимі. Види кривих швидкості сушіння в залежності від питомої поверхні випаровування.</p>
4.	<p>Тепломасообмін в процесах сушіння. Перенос вологи з поверхні матеріалу в середину сушильної камери. Тепломасообмін в вологих матеріалах.</p> <p>Література</p> <p>1.Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Наукова думка. – Київ, 2014. – 743с.</p> <p>2.Лыков А.В. Тепломассообмен (справочник): М.: Энергия: 1998.- 500с.</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА</p> <p>Диференціальне рівняння переносу теплоти. Диференціальне рівняння переносу вологи. Числа подоби тепломасообміну в процесах сушіння.</p>
5.	<p>Основи техніки сушіння. Основні методи сушіння. Класифікація методів теплового сушіння.</p> <p>Література</p> <p>1.Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ»СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с.</p> <p>2.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162.</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА</p>

	Конвективне сушіння. Кондуктивне сушіння. Терморадіаційне сушіння. Конденсаційне сушіння.
6.	Тепломасообмін в конвективних сушильних установках. Сушіння кускових і зернистих матеріалів. Сушіння дисперсних та диспергированих матеріалів у взвішеному стані. Зв'язок між тепло і вологопереносом в процесах сушіння. Література 1.Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Наукова думка. – Київ, 2014. – 743с. 2.Лыков А.В. Тепломассообмен (справочник): М.: Энергия: 1998.- 500с ЗАВДАННЯ НА СРА Тепломасообмін в киплячому і віброкиплячому шарі при сушінні. Термодинамічний аналіз сушильної установки.
	ЗАКЛЮЧЕННЯ

Назва теми практичних занять (теми семінарів)

1.	Фізико-хімічні процеси при сушінні.
2.	Тепломасообмін в процесі сушіння.
3.	Основні методи сушіння.

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспірантів є навчити їх самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і обмірковувати його.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і обмірковування інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- підготовка до складання екзамену.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій та семінарських занять

- активність на семінарських та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота
- дотримання стандартів академічної доброчесності
- відвідування лекцій та семінарських занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять (як лекцій так і семінарів);
- Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач, тощо.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання семестровий рейтинг більше 30 балів

Поточний контроль: опитування за темою лекції. Максимальна кількість балів - 20.

Контроль на семінарських заняттях: максимальна кількість балів 40.

Семестровий контроль: екзамен – 40 балів

Умови допуску до екзамену – більше 30 балів

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100 – 95	Відмінно
94 – 85	Дуже добре
84 – 75	Добре
74 – 65	Задовільно
64 – 60	Достатньо
Менше 60	Незповільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);
- Можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- Інша інформація для аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Професор, доктор технічних наук  **Ю.Ф. Снежкін**

Ухвалено Вченою радою ІТТФ НАН України _____ (протокол № 6 від 25.3.2021)