



Тепломасообмін в процесах сушіння і в сушильних установках

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна) дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,0 кредитів ЄКТС / 150 годин: лекції – 14 годин, лабораторні – 12 годин, самостійна робота аспіранта – 124 годин.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор, академік НАН України, Снежкін Юрій Федорович, 1Snezhkin@gmail.com Лабораторні: д.т.н., старший науковий співробітник, Петрова Жанна Олександрівна, bergelzhanna@ukr.net д.т.н., доцент, Пазюк Вадим Михайлович, vadim_pazuk@ukr.net
Розміщення курсу	

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 гігротермічних 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;
- ЗК3 Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності;
- СК1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів;

- СК3 Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті з теплоенергетики;

- СК5 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;

- ПРН2 Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми теплоенергетики державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях;

- ПРН3 Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані;

- ПРН5 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми;

- ПРН6 Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

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. Фізико-хімічні властивості води.

Тема 1.2. Класифікація форм зв'язку вологи в матеріалах та їх зв'язок зі змінами властивостей вологих матеріалів при їх обробці.

Тема 1.3. Термодинамічні та теплофізичні характеристики вологого матеріалу.

Розділ 2. Теорія переносу енергії та вологи при сушінні.

Тема 2.1. Тепло і масоперенос в процесах сушіння.

Тема 2.2. Експериментальні закономірності процесу сушіння.

Тема 2.3. Тепло і масоперенос у вологих матеріалах.

Розділ 3. Основи техніки сушіння.

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

Тема 3.2. Тепломасообмін в конвективних сушильних установках.

Тема 3.3. Сушіння зернистих матеріалів щільному шарі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

- 1.Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Техніка. – Київ, 2006. – 320с.
- 2.Долінський А.А., Шморгун В.В., Шморгун А.В. Підвищення ефективності роботи розпилювальних сушарок. – Київ: Академперіодика, 2006. – 142с.
- 3.Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ»СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с.
4. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162.
- 5.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С. Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошків. монографія. Київ: Видавництво: «Тропеа», 2022. – 148с
- 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.Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шарвін В.С., Дабіжа Н.О. Теплові насоси в системах теплохолододопостачання. Київ: ТОВ Поліграф-Сервіс, 2008. – 104с.
9. Снежкін Ю.Ф., Пазюк В.М., Петрова Ж.О., Чалаєв Д.М. Теплонасосна зерносушарка для насінневого зерна. Київ: ТОВ «Поліграф-Сервіс», 2012.-154с.
- 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.
11. . Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Петров А.І., Новікова Ю.П. Теплотехнології переробки торфу на альтернативне паливо та добриво. - Київ: ТОВ «ТРОПЕА», ТОВ «Про формат», 2024. – 92 с.
12. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. -Вінниця: ВНТУ, 2007. - 76 с.
13. Бурдо О. Г. Еволюція сушильних установок : монографія. - Одеса: Поліграф, 2010. -368 с.

Додаткова

1. Процеси та обладнання хімічних технологій. Частина 1. [Електронний ресурс]: практикум : навч. посіб. для ступеня бакалавра за освіт. Програмою «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спец. 133 Галузе машинобудування / Корнієнко Я.М. Степанюк А.Р., Гулієнко С.В., Гайдай С.С., Семінський О.О. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 468 с.
2. Обладнання хімічних виробництв: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітня програма “Технічні та програмні засоби автоматизації”/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Швед М.П., Степанюк А.Р., Гусарова О.В., Швед Д.М.– Електронні текстові дані (1 файл: 15,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 181 с.

Навчальний контент

5. 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.	Вступ. Фізико-хімічні характеристики води. Адсорбційні явища. Енергія зв'язку вологи з матеріалом. Література 1.Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ«СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с. 2. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Е.М. Теплотехніка: Підручник. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с. 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.
2.	Потенціал масопереносу. Обґрунтування поняття потенціалу масопереносу. Хімічний потенціал переносу адсорбційно з'язаної вологи, хімічно та капілярно зв'язаної вологи. Література 1.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162. 2. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С. Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошків. монографія. Київ: Видавництво: «Тропеа», 2022. – 148с ЗАВДАННЯ НА СРА Єдиний потенціал переносу вологи. Масоємність. Теплоємність, теплопровідність та температуропровідність вологих матеріалів.
3.	Експериментальні закономірності процесу зневоднення та їх аналіз. Криві сушіння швидкості сушки та температурні криві. Періоди постійної та похилої швидкості сушіння. Література 1.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162. 2.Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ«СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с. ЗАВДАННЯ НА СРА Як змінюються криві сушіння та швидкості сушіння при високотемпературному та низькотемпературному режимі. Види кривих швидкості сушіння в залежності від питомої поверхні випаровування.
4.	Тепломасообмін в процесах сушіння. Перенос вологи з поверхні матеріалу в середину сушильної камери. Тепломасообмін в вологих матеріалах. Література 1. Долінський А.А., Шморгун В.В., Шморгун А.В. Підвищення ефективності роботи розпилювальних сушарок. – Київ: Академперіодика, 2006. – 142с. 2. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С. Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошків. Диференціальне рівняння переносу теплоти. Диференціальне рівняння переносу вологи. Числа подоби тепломасообміну в процесах сушіння.
5.	Основи техніки сушіння. Основні методи сушіння. Класифікація методів теплового сушіння. Література 1.Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини. – К.: ТОВ«СІК ГРУП Україна», 2018. – 248с. 2.Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162. ЗАВДАННЯ НА СРА 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. Долінський А.А., Шморгун В.В., Шморгун А.В. Підвищення ефективності роботи розпилювальних сушарок. – Київ: Академперіодика, 2006. – 142с. 2. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С. Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошків. монографія. Київ: Видавництво: «Тропеа», 2022. – 148с 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.

Політика та контроль

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.

Опитування за темою лекції. Максимальна кількість балів - 20.

Лабораторні роботи. Максимальна кількість балів - 40.

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

Семестровий контроль: екзамен (тах 40 балів)

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання семестровий рейтинг 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	Незадовільно
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

Академік НАН України,

д.т.н., професор



Юрій СНЕЖКІН

Ухвалено Вченою радою ІТТФ НАН України (протокол № 7 від 11 квітня 2024 р.)