

**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

РОБОЧА ПРОГРАМА

кредитного модуля

Третій науково-освітній рівень вищої освіти

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Освітньо-наукова програма 14 «Електрична інженерія»

Денна форма навчання

Київ – 2021

«Тепломасообмін в сушильних установках»

Складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках»

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор, СНЄЖКІН ЮРІЙ ФЕДОРОВИЧ

1. Опис кредитного модуля

Рівень вищої освіти, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Навчальна дисципліна: «Тепломасообмін в сушильних установках»	Лекції 10 год.
		Семінарські: 10 год.
Спеціальність: 144»Теплоенергетика»	Цикл: Професійної підготовки	Лабораторні заняття: 0 год.
Освітньо-наукова програма «Електрична інженерія»	Статус кредитного модуля вибірковий	Самостійна робота: 40 год. У тому числі на виконання індивідуального завдання: 0 год.
	Семестр 1	Індивідуальне завдання -
Форма навчання: денна	Кількість кредитів (годин): 3.0 (60)	Вид та форма семестрового контролю: Екзамен-усний/письмовий

Курс «Тепломасообмін в сушильних установках» є одним з розділів професійної підготовки фізико-енергетичного циклу. Курс ставить на меті познайомити аспірантів з особливостями тепломасообміну в складних теплофізичних процесах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти робити розрахунки тепло і масопереносу в вологих матеріалах і в цілому в сушарках. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні тепломасообмінних процесів в теплотехнологіях і обладнанні.

Вивчення курсу «Тепломасообмін в сушильних установках» базується на таких курсах: «Теплофізика», «Термодинаміка», «Гігростатика», «Тепломасообмін в процесах сушіння».

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

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. 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 обгрунтовані висновки при дослідженні тепломасообмінних процесів при сушінні вологих матеріалів.

Відповідність формування у аспірантів компетентностей.

ЗДАТНІСТЬ:

- Самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі тепломасообміну в різних типах сушарок;
- Самостійно робити розрахунки тепломасообміну в теплогенераторах та калориферах сушильних установок та іншого теплотехнічного обладнання;
- Також виконувати дослідження і робити обгрунтовані висновки при дослідженні процесів тепломасообміну в процесах сушіння і нових теплотехнологіях.

Відповідність формування у аспірантів компетентностей.

- ЗК1 здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК2 Знання та розуміння предметної області та 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 властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів;
- ФК5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- закономірностей тепломасообміну в складних гігротермічних процесах;
- методів розрахунку тепломасообміну в складних гігротермічних процесах.

уміння:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування;
- ПРН9 Вміння застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів, речовин і наукоємних технологій;
- ПРН 11 Вміння знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- ПРН 12 Вміння класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики;
- ПРН 13 Вміння організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

3. Структура кредитного модуля

Назва розділів і тем	кількість годин				
	у тому числі				
	всього	лекції	практичні (семінарські)	лабора- торні	СРА
1	2	3	4	5	6
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	1,5	1,5			
Тема 1.2. Термодинамічні та теплофізичні характеристики вологого матеріалу	1,5	1,5			
Разом за розділом 1	3	3			
Розділ 2. Теорія переносу енергії та вологи при сушінні					
Тема 2.1. Експериментальні закономірності процесу сушіння	1,5	1,5			
Тема 2.2. Тепломасообмін в процесах сушіння	1,5	1,5			
Разом за розділом 2	3	3			
Розділ 3. Основи техніки сушіння					
Тема 3.1. Основні методи сушіння. Класифікація методів теплового сушіння	2	2			
Тема 3.2. Тепломасообмін в конвективних сушильних установках	2	2			
Разом по розділу 3	4				
Екзамен					
Всього годин	10	10			

4. Лекційні заняття

№№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань <i>(перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)</i>
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.Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 433 с.
Завдання на СРА:	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 порошоків. – Київ: «Академперіодика», 2007. – С.162. 2.Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Пищевая промышленность. - Москва, 1973. – 528с.
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 порошоків. – 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.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.- 500 с.
Завдання на СРА:	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.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.- 500 с.
Завдання на СРА:	Тепломасообмін в киплячому і віброкиплячому шарі при сушінні. Термодинамічний аналіз сушильної установки.

5. Семінарські заняття

Семінарські заняття входять до плану (10 год.) і проводяться за наступними темами:

Основні завдання циклу семінарських занять:

навчити аспірантів застосовувати отримані знання.

№ з/п	Назва теми заняття
1.	Фізико-хімічні процеси при сушінні.
2.	Тепломасообмін в процесі сушіння.
3.	Основні методи сушіння.

6. Лабораторні заняття

Не плануються.

7. Самостійна робота

Самостійна робота аспіранта планується на кожній лекції.

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені.

9. Контрольні роботи

Контрольні роботи не передбачені.

11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Оцінка ECTS, яку аспірант отримає після вивчення кредитного модуля з дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках» визначається відповідно до рейтингу аспіранта, який складається на основі результатів навчання протягом семестру, та балів, отриманих під час складання екзамену. Опис PCO надається у вигляді додатка до робочої програми.

12. Методичні рекомендації

Методика вивчення дисципліни «Тепломасообмін в сушильних установках» для даного напрямку підготовки визначена наведеним вище розподілом навчального часу за видами занять, логічною послідовністю

викладання лекційного матеріалу. Усі види занять повністю забезпечені навчально-методичною літературою, в тому числі в електронному вигляді.

13. Рекомендована література

13.1. 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., Сороковая 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 «ІНКООС», 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.

13.2. Додаткова

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

