

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ім. А. М. ПІДГОРНОГО**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник директора з наукової  
роботи, член-кореспондент НАН  
України

 А. О. Костіков



«    »    2018 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**«Енергетичні установки на низькокиплячих  
робочих тілах»**

спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

спеціалізація Турбомашини та турбоустановки

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту «18» жовтня 2018 року, протокол № 10.

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

Сенецький О. В. канд. техн. наук, стар. наук. співр., стар. наук. співр.

Програму схвалено на засіданні відділу «Оптимізація процесів та конструкцій турбомашин».

Протокол від «10» вересня 2018 року № 2.

Завідувач відділу оптимізації процесів та конструкцій турбомашин - член-кореспондент НАН України

 О. Л. Шубенко

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія».

Протокол від «13» вересня 2018 року № 13.

Голова НТПР «Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія»

член-кор. НАН України

 А. В. Русанов

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Енергетичні установки на низькокиплячих робочих тілах” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти доктора філософії

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

спеціалізація Турбомашини та турбоустановки

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Енергетичні установки на низькокиплячих робочих тілах» є формування знань з проведення досліджень термодинамічних циклів паротурбінних установок з низькокиплячими робочими тілами за допомогою відповідних підходів при використанні математичних моделей

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни «Енергетичні установки на низькокиплячих робочих тілах» є реалізація підходів до вибору та створення енергетичного устаткування при реалізації органічного циклу Ренкіна.

#### 1.3. Кількість кредитів 3

#### 1.4. Загальна кількість годин 90

#### 1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова	
Вид підсумкового контролю - залік	
Рік підготовки	1-й
Семестр	1-й
Лекції	30 год.
Практичні, семінарські заняття	__ год.
Лабораторні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Індивідуальні завдання	__ год.

#### 1.6. Заплановані результати навчання

##### **знати :**

методи та підходи до формування паротурбінних циклів на джерелах низькопотенційної теплоти.

##### **вміти :**

застосовувати отримані знання на практиці при моделюванні теплових схем та проведенні розрахункових досліджень.

### 2. Тематичний план навчальної дисципліни

*Розділ 1. Термодинамічні цикли з використанням низькокиплячих робочих тіл.*

*Тема 1. Особливості термодинамічних циклів на низькокиплячих робочих тілах.*

Діаграми стану різних робочих тіл. Термодинамічні цикли паротурбінних установок з різними робочими тілами.

*Тема 2. Критичні параметри робочих тіл, крива фазової рівноваги.*

Особливості вибору параметрів робочих тіл при проектуванні енергетичної установки.

*Тема 3. Гаряче та холодне джерело для паротурбінного циклу.*

Ефективність термодинамічного циклу від параметрів гарячого та холодного джерела теплоти. Цикли на до- та сверхкритичні параметри низькокиплячих робочих тіл.

*Тема 4. Регенеративний підігрів робочого тіла.*

Вплив наявності регенеративного підігріву робочого тіла на термодинамічну ефективність паротурбінного циклу.

*Тема 5. Каскадні паротурбінні цикли.*

Використання теплоти при реалізації замкнутих паротурбінних циклів в одній тепловій схемі послідовно.

*Розділ 2. Робочі тіла для паротурбінних циклів та їх характеристики.*

*Тема 1. Вимоги, що пред'являються до робочих тіл.*

Вибір низькокиплячих робочих тіл для застосування в енергетичних установках з урахуванням основних вимог, що пред'являються до них.

*Тема 2. Одно- та багатоконпонентні робочі тіла.*

Застосування в замкнутих термодинамічних циклах не тільки однокомпонентних робочих тіл, але і сумішевих. Ефективність паротурбінних установок при використанні сумішевих робочих тіл.

*Розділ 3. Аналіз джерел низькопотенційної енергії, їх систематизація для реалізації органічного циклу Ренкіна.*

*Тема 1. Утилізація скидної теплоти технологічних процесів.*

Енергетичні установки на об'єктах скидної теплоти технологічних процесів промислових підприємств.

*Тема 2. Контур на вихлопі протivotискової турбіни.*

Встановлення паралельно споживача теплоти замкнутого паротурбінного циклу для виробництва електричної енергії у літній період.

*Тема 3. Утилізація теплоти димових газів водогрійних котлів.*

Використання теплоти відхідних газів котельного агрегату для виробництва електричної енергії.

*Розділ 4. Економічна ефективність використання турбін з низькокиплячими робочими тілами при утилізації вторинних енергоресурсів.*

*Тема 1. Оцінка економічної доцільності впровадження органічного циклу Ренкіна.*

Техніко-економічна оцінка як основний показник економічної доцільності впровадження турбоустановок на низькокиплячих робочому тілі.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Розділ 1. Термодинамічні цикли з використанням низькокиплячих робочих тіл</b>							
Тема 1. Особливості термодинамічних циклів на низькокиплячих робочих тілах	6	2					4
Тема 2. Критичні параметри робочих тіл, крива фазової рівноваги	6	2					4
Тема 3. Гаряче та холодне джерело для паротурбінного циклу	6	2					4
Тема 4. Регенеративний підігрів робочого тіла	6	2					4

1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 5. Каскадні паротурбінні цикли	8	4					4
Разом за розділом 1	32	12					20
<b>Розділ 2. Робочі тіла для паротурбінних циклів та їх характеристики</b>							
Тема 6. Вимоги, що пред'являються до робочих тіл	6	2					4
Тема 7. Одно- та багатокомпонентні робочі тіла	12	4					8
Разом за розділом 2	18	6					12
<b>Розділ 3. Аналіз джерел низькопотенційної енергії, їх систематизація для реалізації органічного циклу Ренкіна</b>							
Тема 8. Утилізація скидної теплоти технологічних процесів	10	2					8
Тема 9. Контур на вихлопі противотискової турбіни	10	2					8
Тема 10. Утилізація теплоти димових газів водогрійних котлів	12	4					8
Разом за розділом 3	32	8					24
<b>Розділ 4. Економічна ефективність використання турбін з низькокиплячими робочими тілами при утилізації вторинних енергоресурсів</b>							
Тема 11. Оцінка економічної доцільності впровадження органічного циклу Ренкіна	8	4					4
Разом за розділом 3	8	4					4
<i>Усього годин</i>	60	30					60

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термодинамічні властивості та цикли різних робочих тіл	20
2	Вимоги до одно- та багатокомпонентних робочих тіл	12
3	Джерела теплоти для реалізації замкнених паротурбінних циклів	24
4	Підходи до оцінки економічної доцільності впровадження органічного циклу Ренкіна	4
	Разом	60

#### 6. Індивідуальні завдання

#### 7. Методи контролю

На заняттях – опитування. По закінченні розділу – усний контроль. Форма підсумкового контролю знань — залік.

#### 8. Схема нарахування балів

Поточне тестування та самостійна робота												Залік	Сума
Розділ 1					Розділ 2		Розділ 3			Розділ 4	Разом		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11			
5	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	80	20	100

T1, T2 ... – теми розділів.

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для заліку
90 – 100	зараховано
70–89	
50–69	
1–49	не зараховано

### 9. Рекомендована література

#### Основна література

1. Паротурбинные установки с органическими рабочими телами / М.М. Гришутин, А.П. Севастьянов, Л.И. Селезнев, Е.Д. Федорович. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 219 с. – ISBN 5-217-00076-7.
2. Когенерационные технологии в энергетике на основе применения паровых турбин малой мощности / А.Л. Шубенко, В.А. Маляренко, А.В. Сенецкий, Н.Ю. Бабак // НАН Украины, Институт проблем машиностроения. – Харьков, 2014. – 320 с. – ISBN 978-966-02-7059-6.

#### Допоміжна література

1. Вукалович М.П. Термодинамика. Учебное пособие для вузов / М.П. Вукалович, И.И. Новиков. – М.: Машиностроение, 1972. – 672 с.
2. Кириллин В.А. Техническая термодинамика. Учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 414 с.
3. Полунин В.М. Физика: Конспект лекций по молекулярной физике и термодинамике для студентов инженерно-технических специальностей / В.М. Полунин, Г.Т. Сычев. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т., 2002. – 134 с.
4. Андрющенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок / А.И. Андрющенко. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1985. – 281 с.
5. Мошкарин А.В. Анализ схем испарительных установок ТЭС / А.В. Мошкарин, А.А. Мошкарин // ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2007. – 271 с.
6. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – М.: Физматгиз, 1963. – 708 с.
7. Основы холодильной техники / Доссат Рой Дж.: Пер. с англ. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 520 с.
8. Промышленные фторорганические продукты: Справ. изд. / Б. Н. Максимов, В. Г. Барабанов, И. Л. Серушкин и др. – Л.: Химия, 1990. – 464 с.
9. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин: учеб. для вузов. В 2 кн. – 6-е изд. перераб., доп. и подгот. к печати Б.М. Трояновским. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 800 с. – ISBN 5-283-00197-0.

10. Market potential study for Organic Rankine Cycle technology in India / S. Goel, O. Herzog, A. Datta and others // Indo-German Energy Forum Support Office (IGEF-SO). – 2014. – 68 p.
11. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 139 с. – ISBN 5-89146-187-0
12. Попырин Л.С. Автоматизация математического моделирования теплоэнергетических установок / Л.С. Попырин, В.И. Самусев, В.В. Эпельштейн. – М.: Наука, 1981. – 236 с.

**10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. Мережа Internet.
2. Бібліотека ІПМаш НАН України.