

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Вченою радою  
Інституту технічної теплофізики  
НАН України  
протокол № 8  
від «31» 05 2022 року

Голова вченої ради  
Інституту технічної теплофізики  
НАН України,  
академік НАН України



Ю.Ф. Снежкін

**Теплообмін в елементах енергоустановок**

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
кредитного модуля**

**Третій освітньо-науковий рівень вищої освіти**

**Спеціальність 144 «Теплоенергетика»**

**Освітньо-наукова програма «Електрична інженерія»**

**Денна форма навчання**

**Київ 2022**

**Робоча програма кредитного модуля «Теплообмін в елементах енергоустановок»**

складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Теплообмін в елементах енергоустановок»

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор, Халатов Артем Артемович



**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: «Теплообмін в елементах енергоустановок»	Лекції: 32 год.
Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»		Семінарські: 28 год.
	Цикл: професійної підготовки	Лабораторні заняття: 0 год.
Освітньо-наукова програма «Електрична інженерія»	Статус кредитного модуля: професійний	Самостійна робота: 120 год., у тому числі на виконання індивідуального завдання: 0 год.
	Семестр: 1,2	Індивідуальне завдання: –
Форма навчання: Денна, змішана	Кількість кредитів (годин): 6,0 (180)	Вид та форма семестрового контролю: Екзамен, залік, усний/письмовий

Курс «Теплообмін в елементах енергоустановок» складається з двох розділів: «Теплоенергетика» та «Термогазодинаміка систем охолодження газових турбін». В першому розділі розглядається структура світової енергетики та енергетики України, зокрема, стан та перспективи використання газових турбін в енергетиці та державна організація в цій царині наукових досліджень. У другому розділі наведені засади та

перспективи застосування газотурбінних двигунів в енергетиці ,внутрішні та зовнішні системи охолодження лопаток високотемпературних газових турбін, аналіз сучасних і експериментальних систем охолодження лопаткового апарату газових турбін. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування, робити розрахунки тепловіддачі в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні теплових процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії

Основною метою навчальної дисципліни «Теплообмін в елементах енергоустановок» є отримання аспірантами знань в області методів розрахунку складних теплофізичних процесах. Вивчення курсу «Теплообмін в елементах енергоустановок» базується на таких курсах: «Термодинаміка газового потоку», «Фізика», «Основи конвективного теплообміну», «Газодинаміка».

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

Курс «Теплообмін в елементах енергоустановок» є елементом професійної підготовки спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів .

## **2. Мета та завдання кредитного модуля**

**2.1.** Основною метою навчальної дисципліни «Теплообмін в елементах енергоустановок» є отримання аспірантами знань в області методів розрахунку складних теплофізичних процесах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування, робити розрахунки тепловіддачі в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні теплових процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії.

Відповідність формування у аспірантів компетентностей:

**ЗДАТНІСТЬ:**

- Самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування;
- Самостійно робити розрахунки тепловіддачі в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання;
- Також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні теплових процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії.

- Відповідність формування у аспірантів компетентностей
- ЗК 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ФК 1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів;
- ФК 2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів;
- ФК 5 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 теплообміну в складних термогазодинамічних процесах.
- методів розрахунку теплообміну в складних термогазодинамічних процесах.

### уміння:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування.
- ПРН 9 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

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРА
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Системи охолодження газових турбін</b>					
Тема .1.1. Вступ Газові турбіни та тенденції їх розвитку		4	4		

Тема .1.2. Системи охолодження високотемпературних газотурбінних двигунів і газотурбінних установок		2	4		
Разом за розділом 1	14	6	8		
<b>Розділ 2. Внутрішнє охолодження лопаток газових турбін.</b>					
Тема 2.1. Технології внутрішнього охолодження		2	4		
Тема 2.2. . Зовнішній теплообмін		2	4		
Тема 2.3. Циклонне та вихрове охолодження		2	4		
Разом за розділом 2	18	6	12		
<b>Розділ 3. Зовнішнє охолодження лопаток газових турбін</b>					
Тема 3.1. Зовнішнє плівкове охолодження		4	4		
Тема 3.2. Розрахунок плівкового охолодження		4	4		
Тема 3.2 Профільовані отвори		2			
Тема 3.2 Антивихорові отвори		2			
Тема 3.2 Отвори в поверхневих заглибленнях		2			
Тема 3.2 Всерединістіночне охолодження		2			
Тема 3.2 Узагальнення проблематики		2			
Разом по розділу 3		18	8		
Екзамен					
Залік					
<b>Всього годин</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>28</b>		<b>120</b>

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)	
1	<b>Вступ</b> Місце курсу в системі підготовки магістра. План і зміст курсу. Газові турбіни в енергетиці і авіації.	
Література:	1.Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. [Текст] / А.А. Иноземцев, М.А. Нехамкин, В.Л. Сандрацкий. — М.: Машиностроение, 2008. — Т. 2. 2.Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів [Текст] : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ Терещенко Ю. М. [та ін.] ; за ред. проф. Ю. М. Терещенка. - К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009	

Завдання на СРС:	Основні типи газових турбін. Практичне використання газових турбін.
2	<p><b>Газові турбіни та тенденції їх розвитку.</b></p> <p><i>Цикл Брайтона (ККД та робота циклу). Основні елементи газової турбіни. Тенденції розвитку газових турбін. Зростання температури та ступеня стискування. Вимоги до матеріалів (високотемпературні сплави, обмеження за температурою). Газотурбобудування в Україні</i></p>
Література:	<p>1. Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів [Текст] : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Терещенко Ю. М. [та ін.] ; за ред. проф. Ю. М. Терещенка. - К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009.</p> <p>2. Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition / Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor &amp; Francis, 2013. – 869 pages. ISBN 9781439855683</p>
Завдання на СРС	<p>Динаміка зростання температури газу попереду турбіни по рокам. Динаміка річного зростання температури газу попереду турбіни</p> <p>Обмеження за температурою газу для неохлоджувальних турбін. Газотурбінні компанії України</p>
3	<p><b>Системи охолодження високотемпературних газотурбінних двигунів і газотурбінних установок.</b></p> <p><i>Відкриті та закриті схеми охолодження. Охолоджувальні елементи газової турбіни.</i></p>
Література:	<p>1. Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів [Текст] : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Терещенко Ю. М. [та ін.] ; за ред. проф. Ю. М. Терещенка. - К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009.</p> <p>2. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей [Текст] / Под ред. С.М. Шляхтенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987.</p>
Завдання на СРС:	<p>Ефективність системи охолодження, глибина охолодження лопатки. Відбір охолоджувача з компресора. Витрати охолоджувача в сучасних газотурбінних двигунах</p>
4	<p><b>Розділ 2. Внутрішнє і зовнішнє охолодження лопаток газотурбінних установок.</b></p> <p><b>Технології внутрішнього охолодження 1</b></p> <p><i>Розвиток систем конвективного та конвективно-плівкового охолодження. Вплив охолодження на ККД газової турбіни. Методи охолодження різних ділянок лопатки. Схема руху охолоджувача в лопатках з внутрішнім охолодженням.</i></p>
Література:	<p>1. Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів [Текст]: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Терещенко Ю. М. [та ін.] ; за ред. проф. Ю. М. Терещенка. - К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009.</p> <p>2. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом</p>

	газотурбостроении / <i>Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев. – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2.</i>
Завдання на СРС:	Конвективне, плівкове та конвективно-плівкове охолодження лопаток газових турбін. Втрати при охолодженні елементів газової турбини.
<b>5</b>	<b><i>Технології внутрішнього охолодження. 2</i></b> <i>Методи охолодження різних ділянок лопатки. Схема руху охолоджувача в лопатках з внутрішнім охолодженням. Конструкції лопаток з внутрішньою системою охолодження. Мікрооребріння каналів внутрішнього охолодження</i>
Література:	1.Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .– Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.– ISBN 978-966-622-785-3  2.Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition/ Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor & Francis, 2013. – 869 p. ISBN 9781439855683
Завдання на СРС:	Розвиток систем внутрішнього охолодження. Сучасна лопатка з внутрішнім охолодженням. Конструкції мікрооребріння, витрати та теплообмін.
<b>6</b>	<b><i>Зовнішній теплообмін.</i></b> <i>Розподіл коефіцієнта тепловіддачі по контуру лопатки. Найбільш напружені точки. Зовнішня тепловіддача. Середня тепловіддача. Вхідна кромка лопатки. Вихідна кромка лопатки. Торцева поверхня соплового апарату.</i>
Література:	1.Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. [Текст] / А.А. Иноземцев, М.А. Нехамкин, В.Л. Сандрацкий. — М.: Машиностроение, 2008. — Т. 2.  2.Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985.
Завдання на СРС:	Рівняння подібності для середнього та локального теплообміну лопатки. Проблеми охолодження торцевої поверхні соплового апарату.
<b>7</b>	<b><i>Циклонне та вихрове охолодження.</i></b> <i>Циклонне та вихрове охолодження. Концепція закрутки потоку. Двовимірна схема циклонного охолодження. Тривимірна схема циклонного охолодження. Лопатка з циклонним охолодженням. Вихрові матриці при внутрішнього охолодження лопаток газових турбін.</i>
Література:	1.Теплообмен и гидродинамика при циклонном охлаждении лопаток газовых турбин / А.А. Халатов, В.В. Романов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Д. Северин / Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, 2010. Т. 9. – 317 с.– ISBN 978-966-02-5694-1.  2.Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition/ Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor & Francis, 2013. – 869 pages. ISBN 9781439855683

Завдання на СРС:	<i>Сила Кориоліса при циклонному охолодженні лопатки. Вплив напряду обертання на теплообмін усередині лопатки. Технологічні проблеми виготовлення.</i>
8	<p><b>Розділ 3. Зовнішнє охолодження лопаток газових турбін.</b></p> <p><b>Зовнішнє плівкове охолодження 1.</b></p> <p><i>Плівкове охолодження та його ефективність, коефіцієнт тепловіддачі. Традиційні схеми плівкового охолодження, їх переваги та недоліки. Розрахунок плівкового охолодження (щілина та дискретні отвори).</i></p>
Література:	<p>1.Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .– Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.– ISBN 978-966-622-785-3.</p> <p>2.Репухов В.М. Тепловая защита стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. — Киев: Наукова Думка, 1977.</p>
Завдання на СРС:	Ефективність та коефіцієнт тепловіддачі при плівковому охолодженні, щілинне плівкове охолодження, основні рівняння.
9	<p><b>Зовнішнє плівкове охолодження 2.</b></p> <p><i>Способи підвищення ефективності охолодження за рахунок зміни геометрії вдуву. Перехід до щілини. Фактори, що мають вплив на ефективність плівкового охолодження. Перспективні схеми плівкового охолодження.</i></p>
Література:	<p>1.Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983.</p> <p>2.Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition / Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor &amp; Francis, 2013. – 869 pages. ISBN 9781439855683</p> <p>3.Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985.</p>
Завдання на СРС:	Влияние различных факторов на эффективность пленочного охлаждения. Влияние вращения
10	<p><b>Розрахунок плівкового охолодження 1.</b></p> <p><i>Вхідна кромка лопатки. Вихідна кромка лопатки. Торцева поверхня соплового апарату.</i></p>
Література:	<p>1.Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition/ Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor &amp; Francis, 2013. – 869 pages. ISBN 9781439855683</p> <p>2.Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983.</p> <p>3.Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985.</p>



Завдання на СРС:	Експериментальні та теоретичні методи розрахунку плівкового охолодження. Багаторядна вхідна кромка. Конструкції охолоджуваної вихідної кромки
<b>11</b>	<b><i>Розрахунок плівкового охолодження 2.</i></b> <i>Робоча лопатка з плівковим охолодженням. Багатощіливе плівкового охолодження.</i>
Література:	1.Репухов В.М. Тепловая защита стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. — Киев: Наукова Думка, 1977. 2.Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983.
Завдання на СРС:	Конструкція сучасної лопатки з плівковим охолодженням. Конструкція та розрахунок багатощілинного охолодження
<b>12</b>	<b><i>Профільовані отвори.</i></b> <i>Профільовані отвори. Геометрична форма отворів. Переваги та недоліки таких схем. Фізична структура потоку за профільованими отворами.</i>
Література:	1.Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.— Киев, – 2008. – 292 с.— ISBN 978-966-02-4917-2. 2.Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .— Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.— ISBN 978-966-622-785-3.
Завдання на СРС:	Конструкції профільованих отворів. Технологічні проблеми виготовлення отворів. Порівняння з традиційними отворами
<b>13</b>	<b><i>Антивихорові отвори.</i></b> <i>Антивихорові отвори. Геометричні параметри систем парних отворів. Використання додаткових антивихорових отворів. Нові схеми антивихорових отворів.</i>
Література:	1.Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .— Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.— ISBN 978-966-622-785-3.
Завдання на СРС:	Формування антивихрової структури. Метод розрахунку систем парних отворів.
<b>14</b>	<b><i>Отвори в поверхневих заглибленнях.</i></b> <i>Отвори в поверхневих заглибленнях. Подача охолоджувача у траншею, кратери різної форми та заглиблення напівсферичної форми.</i>
Література:	1.Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.— Киев, – 2008. – 292 с.— ISBN 978-966-02-4917-2. 2.Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .— Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.— ISBN 978-966-622-785-3.
Завдання на	Самоорганізовані вихрові структури у поверхневих заглибленнях сферичної

	СРС:	форми. Парний вихор за поперечною траншеєю. Трикутні заглиблення.
15	<b>Всерединістіночне охолодження.</b> <i>Всерединістіночне охолодження. Лопатка з охолодженням всередині стінки.</i>	
Література:	1. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2. 2. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .– Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.– ISBN 978-966-622-785-3	
Завдання на СРС:	Мікроканалне охолодження. Конструкції внутрішньостінкового охолодження лопаток	
16	<b>Узагальнення проблематики.</b> <i>Порівняння перспективних схем плівкового охолодження. Підсумки.</i>	
Література:	1. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2.	
Завдання на СРС:	Аналіз перспективних схем плівкового охолодження лопаток. Основні напрямки розвитку систем охолодження лопаток	

## 5. Семінарські заняття

Семінарські заняття входять до плану ( 28год.) і проводяться за наступними темами:

Основні завдання циклу семінарських занять:  
навчити аспірантів застосовувати отриманні знання.

№ з/п	Назва теми заняття
1.	Газові турбіни та тенденції їх розвитку (4 год).
2.	Системи охолодження ГТД та ГТУ (4 год).
3	Внутрішнє охолодження лопаток газових турбін (4 год).
4	Циклонне та вихрове охолодження (4 год).
5	Зовнішнє плівкове охолодження (4 год).
6	Розрахунок плівкового охолодження (4 год).
7	Перспективні схеми плівкового охолодження (4 год).

## 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**

Індивідуальні завдання не передбачені

## **11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

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

## **12. Методичні рекомендації**

*Методика вивчення дисципліни «Теплообмін в елементах енергоустановок» 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.*

## **12. Рекомендована література**

### **12.1. Базова**

1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. [Текст] /А.А. Иноземцев, М.А. Нехамкин, В.Л. Сандрацкий. — М.: Машиностроение, 2008. — Т. 2. — 366 с.
2. Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ Терещенко Ю. М. [та ін.] ; за ред. проф. Ю. М. Терещенка. - К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009. - 327 с.
3. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.— Киев, — 2008. — 292 с.— ISBN 978-966-02-4917-2.
4. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .— Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. — 238 с.— ISBN 978-966-622-785-3.

5. Теплообмен и гидродинамика при циклонном охлаждении лопаток газовых турбин / А.А. Халатов, В.В. Романов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Д. Северин / Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, 2010. Т. 9. – 317 с.– ISBN 978-966-02-5694-1.

## **12.2. Допоміжна**

1. Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition/ Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor & Francis, 2013. – 869 pages. ISBN 9781439855683
2. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов/ В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985. – 216 с.
3. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей [Текст] / Под ред. С.М. Шляхтенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987. — 568 с.
4. Репухов В.М. Тепловая защита стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. — Киев: Наукова Думка, 1977. — 216 с.
5. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983. — 240с.