



# Насосні, вентиляторні та пневматичні установки

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізитивна навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 – Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>V осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS (150 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, МКР</i>
Розклад занять	<i>54 год.-лекції, 18 год.-практичні, 18 год.-лабораторні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., проф. Шевчук Степан Прокопович, stshev@gmail.com</i> Практичні: <i>д.т.н., проф. Шевчук Степан Прокопович, stshev@gmail.com</i> Лабораторні: <i>к.ф.-м.н., асистент Осадчук Микола Павлович, 13717421@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom, t4io7nw</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

В дисципліні розглядаються основні принципи побудови машин для напірного переміщення рідин та газів – нагнітачів, що використовуються при спорудженні та експлуатації підземних споруд міст, метрополітенів, шахт, кар'єрів, рудників, виробництв нафтового комплексу. Аналізуються та вивчаються їх основні властивості, характеристики, інженерні методи розрахунків основних параметрів та проектування установок на базі даних машин, визначення та оптимізації їх техніко-економічних характеристик.

**Мета** вивчення дисципліни полягає в забезпеченні підготовки студентів з комплексу питань теорії, конструктивного влаштування, проектування та експлуатації насосних, вентиляторних та пневматичних установок в промисловості, на транспортні та будівництві, в паливно-енергетичному комплексі.

**Предметом** вивчення дисципліни являється теорія турбомашин в сукупній взаємодії з їх зовнішньою мережею, влаштування, характерні параметри та особливості робочих процесів насосних, вентиляторних та пневматичних установок, їх проектування з розрахунку та вибору основного електромеханічного обладнання, енергетичного аналізу, регулювання та оптимізації режимів роботи у відповідності до фактичних умов експлуатації. Вивчення цих питань базується на Технічній механіці, Гідравліці та гідроприводу, Фізиці. Суміжними дисциплінами являються: Електропривод, Автоматизація технологічних процесів. Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем, Мікропроцесорні пристрої в установках енергоємних виробництв.

В результаті вивчення дисципліни «Насосні, вентиляторні та пневматичні установки» студенти отримують такі компетентності:

- загальні:

- 1) здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК5),
- 2) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК6).
- 3) здатність працювати в команді (ЗК7),

- *фахові:*

- 1) здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища (ФК8),
- 2) усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування (ФК9),
- 3) усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці (ФК10),
- 4) здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах (ФК11);

та *програмні результати навчання:*

- 1) здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах (ПРН7),
- 2) уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем (ПРН9),
- 3) розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень (ПРН12).

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

*Вивчення дисципліни базується на курсах: Фізика, Гідравліка та гідропривод, Технічна механіка.*

Зміст навчальної дисципліни

### **Навчальна дисципліна складається з 3 розділів:**

**Розділ 1.** Основи теорії лопатних машин, кінематика потоку рідин

Тема 1.1. Загальні відомості про турбомашини для переміщення рідини

Тема 1.2. Кінематика потоку рідини в робочому колесі турбомашини

Тема 1.3. Основне енергетичне рівняння турбомашин

**Розділ 2.** Теоретична та дійсна характеристики турбомашин, теоретичні основи їх регулювання

Тема 2.1. Теоретична та дійсна характеристики турбомашин

Тема 2.2. Область застосування робочих коліс різних типів

Тема 2.3. Зовнішня мережа та робочий режим турбоустановки

Тема 2.4. Теоретичні основи регулювання турбоустановок

**Розділ 3.** Технологічні схеми насосних, вентиляторних та компресорних установок, способи регулювання

Тема 3.1. Технологічні схеми насосних установок та способи їх регулювання

Тема 3.2. Технологічні схеми вентиляторних установок та способи їх регулювання

Тема 3.3. Технологічні схеми компресорних установок та способи їх регулювання

## **3. Навчальні матеріали та ресурси**

### ***Основна література***

1. Шевчук С.П., Попович О.М., Світлицький В.М., «Насосні, вентиляторні та пневматичні установки»: підручник з грифом МОНУ, К.: НТУУ «КПІ», 2010.
2. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки. Конспект лекцій. Гриф надано Вченою радою ІЕЕ КПІ ім.Ігоря Сікорського (протокол №2 від 25.09.2017р.).
3. Shevchuk S. Pump, fan and pneumatic installations. Lecture course. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №7 від 01.04.2019р.).
4. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки: навч. посібник. Дніпропетровськ, НГУ, 2005.
5. Носырев Б.А., Белов С.П. Вентиляторные установки шахт и метрополитенов. Екатеринбург, УГГА, 2000.
6. Филь И.П. Горношахтные стационарные установки, Киев, «Техника», 1969.
7. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки, М., «Недра», 1988.

### ***Додаткова література***

8. Картавий Н.Г. Стационарные машины., «Недра», 1981.
9. Братченко Б.Ф. Стационарные установки шахт М., «Недра», 1977.

10. Технология и техника добычи, хранения и транспортировки нефти и газа.// А.И. Акульшин, В.С. Бойко, В.М. Дорошенко, Ю.А. Зарубин. Львов, «Світло», 1991.

**Інформаційні ресурси**

11. [http://service library. ntu-kpi.kiev.ua/documents/shevchuk.doc](http://service.library.ntu-kpi.kiev.ua/documents/shevchuk.doc)

12. <http://emoev.kpi.ua>

**Навчальний контент**

**4. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
Вступ	4	2	-	-	2
<b>Розділ 1. Основи теорії лопатних машин, кінематика потоку рідин</b>					
Тема 1.1. Загальні відомості про турбомашини для переміщення рідини	4	2	-	-	2
Тема 1.2. Кінематика потоку рідини в робочому колесі турбомашини	4	4	-	-	-
Тема 1.3. Основне енергетичне рівняння турбомашин	4	4	-	-	-
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>16</b>	<b>12</b>			<b>4</b>
<b>Розділ 2. Теоретична та дійсна характеристики турбомашин, теоретичні основи їх регулювання</b>					
Тема 2.1. Теоретична та дійсна характеристики турбомашин	8	2	-	4	2
Тема 2.2. Область застосування робочих коліс різних типів	4	2	-	-	2
Тема 2.3. Зовнішня мережа та робочий режим турбоустановки	12	4	2	2	4
Тема 2.4. Теоретичні основи регулювання турбоустановок	14	6	-	2	6
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
<b>Розділ 3. Технологічні схеми насосних, вентиляторних та компресорних установок, способи регулювання</b>					
Тема 3.1. Технологічні схеми насосних установок та способи їх регулювання	30	12	6	6	6
Тема 3.2. Технологічні схеми вентиляторних установок та способи їх регулювання	22	8	8	2	4
Тема 3.3. Технологічні схеми компресорних установок та способи їх регулювання	17	8	2	2	5
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>69</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<i>Іспит</i>	30				30
<i>Всього годин</i>	<b>150</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>60</b>

- Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p><b>Вступ до предмету</b></p> <p><i>Лекція 1. Зміст дисципліни. Значення предмету у формуванні інженера-електромеханіка. Коротка історична довідка. Призначення, принцип дії, область застосування НВПУ в різних галузях народного господарства.</i></p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 3-6.</p> <p><b>СРС:</b> Історія розвитку та створення НВПУ.</p>
2	<p><b>Тема 1.1 Загальні відомості про турбомашини для переміщення рідини</b></p> <p><i>Лекція 2. Основні параметри та класифікація ТБМ</i></p> <p><i>Продуктивність, напір, тиск, потужність та ККД ТБМ. Втрати енергії в ТБМ та їх оцінка відповідними ККД. Класифікація ТБМ по виду переміщуваної рідини.</i></p> <p><b>Дидактичні засоби:</b> таблиці параметрів ТБМ та одиниць їх вимірювання.</p> <p><i>Структурні схеми класифікації ТБМ.</i></p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 7-18.</p> <p><b>СРС:</b> Класифікація ТБМ за різними видами.</p>
3	<p><b>Тема 1.2 Кінематика потоку рідини в робочому колесі ТБМ</b></p> <p><i>Лекція 3. Кінематика потоку рідини в робочому колесі відцентрової ТБМ</i></p> <p><i>Встановлюється залежність теоретичної продуктивності відцентрової ТБМ від геометричних параметрів робочого колеса.</i></p> <p><b>Дидактичні засоби:</b> паралелограми швидкостей на вході і виході ТБМ.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 19-22.</p>
4	<p><i>Лекція 4. Кінематика потоку рідини в робочому колесі осьової ТБМ.</i></p> <p><i>Встановлюється залежність теоретичної продуктивності осьової ТБМ від геометричних параметрів робочого колеса.</i></p> <p><b>Дидактичні засоби:</b> паралелограми швидкостей на вході і виході осьової ТБМ.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 23-26.</p>
5	<p><b>Тема 1.3 Основне енергетичне рівняння ТБМ</b></p> <p><i>Лекція 5. Основи струминної теорії Ейлера Л.</i></p> <p><i>На основі струминної теорії Ейлера встановлюється залежність між питомою енергією рідини і кінематикою робочого колеса.</i></p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 27-28.</p>
6	<p><i>Лекція 6. Основи вихривої теорії Жуковського М. Є.</i></p> <p><i>На основі вихрової теорії Жуковського встановлюється залежність між питомою енергією рідини і кінематикою робочого колеса.</i></p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 28-29.</p>
7	<p><b>Тема 2.1 Теоретична та дійсна характеристика ТБМ</b></p> <p><i>Лекція 7. Напірні характеристики ТБМ</i></p> <p><i>Встановлюється залежність теоретичного напору (тиску) ТБМ від її теоретичної продуктивності для різних конструктивних тисків робочих коліс.</i></p> <p><b>Дидактичні засоби:</b> графіки залежностей теоретичного напору ТБМ від теоретичної продуктивності для різних конструктивних тисків робочих коліс.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 30-36.</p> <p><b>СРС:</b> Встановити залежності теоретичної потужності ТБМ від теоретичної продуктивності для різних конструктивних типів робочих коліс.</p>

8	<p><b>Тема 2.2 Область застосування робочих коліс різних типів</b></p> <p><i>Лекція 8.</i> Обґрунтування сфери застосування робочих коліс різних типів  <i>На основі відносного співвідношення статичних і динамічних складових теоретичного напору ТБМ обґрунтовується сфера їх застосування від енергоємних (стаціонарних) установок до допоміжних (пересувних).</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні залежності складових напору для різних типів робочих коліс.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 32-33.  <b>СРС:</b> Обґрунтувати сферу застосування діагонального робочого колеса</p>
9	<p><b>Тема 2.3 Зовнішня мережа та робочий режим ТБУ</b></p> <p><i>Лекція 9.</i> Характеристика зовнішньої мережі  <i>Виходячи з рівняння Бернуллі енергетичного стану рідини встановлюється математична залежність характеристики зовнішньої мережі.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення характеристики зовнішньої мережі.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 45-48.  <b>СРС:</b> Характеристики зовнішньої мережі паралельно і послідовно з'єднаних трубопроводів.</p>
10	<p><i>Лекція 10.</i> Еквівалентний отвір зовнішньої мережі. Робочий режим ТБУ  <i>Виходячи із положень гідравліки про витік рідини через отвір в тонкій стінці, встановлюється залежність еквівалентного отвору зовнішньої мережі. Виходячи з характеристик зовнішньої мережі та ТБМ встановлюється робочий режим ТБУ.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні рішення робочого режиму ТБУ.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 45-45.  <b>СРС:</b> ККД трубопровідної мережі.</p>
11	<p><b>Тема 2.4 Теоретичні основи регулювання ТБУ</b></p> <p><i>Лекція 11.</i> Способи регулювання ТБУ. Безрозмірні параметри ТБМ  <i>Регулювання ТБУ здійснюється зміною характеристик мережі та ТБМ. Обґрунтовуються безрозмірні параметри ТБМ для серії машин.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення способів регулювання ТБМ.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 42-43.  <b>СРС:</b> Безрозмірні параметри потужності та еквівалентного отвору зовнішньої мережі</p>
12	<p><i>Лекція 12.</i> Умови і закони подібності ТБМ та їх застосування при регулюванні.  <i>Виходячи із гідродинамічної подібності процесів в ТБМ встановлюються закони подібності і пропорційності, які описують закономірності регулювання ТБУ</i>  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 37-39.  <b>СРС:</b> Випадки подоби ТБМ при постійній щільності перекачуємої рідини.</p>
13	<p><i>Лекція 13.</i> Швидкохідність ТБМ  <i>Для встановлених міжнародних еталонних значень продуктивності та напору (насосів та вентиляторів) встановлюються залежності швидкохідності ТБМ.</i>  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 39-40.  <b>СРС:</b> Порівняти різні види ТБМ по параметру швидкохідності.</p>
14	<p><b>Тема 3.1 Технологічні схеми насосних установок та способи їх регулювання</b></p> <p><i>Лекція 14.</i> Технологічні схеми насосних установок та їх класифікація.  <i>Технологічні схеми насосних установок, влаштування насосних камер і водозбірників. Трубопроводи та їх захист від корозії. Вимоги Правил безпеки. Класифікація насосних установок на стаціонарні, пересувні та водопонижувальні.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> схеми влаштування насосних установок.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 108-116.  <b>СРС:</b> Способи захисту трубопроводів від корозії.</p>

15	<p><u>Лекція 15.</u> Всмоктувальна спроможність насоса та її залежність від зовнішніх умов та параметрів роботи насоса  Виходячи із рівняння Бернуллі для енергетичного стану рідини встановлюються умови всмоктувальної спроможності насоса.  <b>Дидактичні засоби:</b> схема влаштування всмоктувальної частини насосної установки.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 117-127.  <b>СРС:</b> Вплив висоти розташування насосної установки відносно рівня моря на всмоктувальну спроможність насоса</p>
16	<p><u>Лекція 16.</u> Сила осьового тиску та способи її врівноваження  Фізика явища осьового тиску, його напрям та визначення величини сили осьового тиску в насосі. Способи врівноваження осьового тиску в насосі.  <b>Дидактичні засоби:</b> схеми способів врівноваження сили осьового тиску в насосі.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 128-134.  <b>СРС:</b> Гідравлічний спосіб врівноваження сили осьового тиску в багатоступеневому насосі.</p>
17	<p><u>Лекція 17.</u> Способи регулювання робочого режиму насосної установки  Регулювання зміною обертів двигуна насосного агрегата та зміною характеристики зовнішньої мережі.  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення характеристик насоса та зовнішньої мережі при різних способах регулювання.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 135-144.  <b>СРС:</b> Порівняльний аналіз способів регулювання насосної установки.</p>
18	<p><u>Лекція 18.</u> Сумісна робота ТБМ  Паралельне та послідовне з'єднання ТБМ. Графоаналітичний спосіб отримання сумісних характеристик машин та їх робочих режимів.  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення характеристик та робочих режимів при сумісній роботі ТБМ.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 57-61.  <b>СРС:</b> Сумісна робота ТБМ при наявності індивідуальних ланок трубопроводів.</p>
19	<p><u>Лекція 19.</u> Спеціальні засоби водовідливу  Особливості умов роботи та регулювання: поршневих та гвинтових насосів, гідроелеватори, ерліфтні установки.  <b>Дидактичні засоби:</b> схеми влаштування спеціальних засобів водовідливу.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 155-172.  <b>СРС:</b> Вихрові насоси, їх влаштування та регулювання.</p>
20	<p><b>Тема 3.2 Технологічні схеми вентиляторних установок та способи їх регулювання</b></p>
	<p><u>Лекція 20.</u> Технологічні схеми вентиляторних установок головного провітрювання та способи реверсу повітряного потоку. Влаштування відцентрових та осьових вентиляторів і засобів їх регулювання.  Технологічні схеми вентиляторних установок головного провітрювання при обладнанні їх відцентровими та осьовими вентиляторами. Вимоги Правил безпеки. Способи реверсу повітряного потоку. Принципи дії відцентрових та осьових вентиляторів, їх влаштування та конструктивні вузли. Розгляд всіх конструктивних елементів енергозбереження та засобів регулювання. Сукупність характеристик вентиляторів при їх регулюванні.  <b>Дидактичні засоби:</b> схеми влаштування вентиляторних установок головного провітрювання з відцентровими та осьовими вентиляторами. схеми влаштування відцентрових та осьових вентиляторів. Графічні відображення сукупності характеристик вентиляторів при їх регулюванні.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 62-65., [1] стор. 15-18.  <b>СРС:</b> Реверс електричних двигунів асинхронного та синхронного типів.</p>

21	<p><u>Лекція 21.</u> Робочі властивості вентиляторів і вентиляційної мережі Робоча ділянка характеристики та розмах еквівалентного отвору вентилятора. Область промислового використання та середньозважений ККД вентилятора. Нормальна область роботи вентилятора. Лінії і поля необхідних вентиляторних режимів. <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення робочої ділянки характеристики вентилятора, області промислового та нормального використання вентилятора, лінії і поля необхідних вентиляційних режимів. <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 73-82. <b>СРС:</b> Область промислового використання зарубіжних зразків вентиляторів.</p>
22	<p><u>Лекція 22.</u> Робочі режими вентиляторних установок та способи їх регулювання Робочий режим вентиляторної установки. Регулювання зміною аеродинамічних параметрів робочого колеса. Регулювання зміною кута установки осьового направляючого апарата. Регулювання зміною швидкості обертання. Регулювання по чергово-короткочасних включенням ступенів швидкості обертання. Регулювання гідравлічною муфтою та реостатом в ланцюгах ротора фазного асинхронного двигуна. <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення робочих режимів вентиляторної установки при різних способах регулювання. <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 68-72. <b>СРС:</b> Застосування законів пропорційності при регулюванні вентиляторних установок.</p>
23	<p><u>Лекція 23.</u> Вентиляторні установки місцевого провітрювання Технологічні схеми застосування вентиляторних установок місцевого провітрювання (ВМП). Вимоги Правил безпеки. Влаштування ВМП, влаштування трубопровідних мереж та їх аеродинамічний опір. Робочий режим та особливості роботи при змінній зовнішній мережі і нерегульованості ВМП. <b>Дидактичні засоби:</b> схеми влаштування ВМП, графічні відображення робочих режимів. <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 97-100. <b>СРС:</b> Конструктивне влаштування вентиляційних мереж ВМП.</p>
	<p><b>Тема 3.3 Технологічні схеми компресорних установок та способи їх регулювання</b></p>
24	<p><u>Лекція 24.</u> Технологічні схеми компресорних установок. Різновиди компресорів Влаштування компресорних станцій, пневматичні мережі, компенсатори довжини, вологомасловідділювачі, повітрязбірники. Засоби забезпечення якості стисненого повітря. Різновиди компресорів. <b>Дидактичні засоби:</b> схеми влаштування компресорних установок, їх пневматичної мережі та її елементів. <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 261-268. <b>СРС:</b> Влаштування повітрязбірників, вологомасловідділювачів та компенсаторів довжини.</p>
25	<p><u>Лекція 25.</u> Поршневі компресори та їх основні вузли. Ідеальні та реальні процеси стиснення. Продуктивність, потужність та двигуни Влаштування поршневих компресорів. Процеси стиснення повітря та обґрунтування генерального напрямку енергозбереження. Визначення продуктивності та потужності компресора. Різновиди двигунів компресорів. <b>Дидактичні засоби:</b> схеми влаштування поршневих компресорів. Графічні відображення ідеальних та реального процесів стиснення повітря. Таблиця потужності двигунів компресорів. <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 244-255. <b>СРС:</b> Обмеження ступеня стиснення повітря в циліндрі компресора.</p>

26	<p><b>Лекція 26.</b> Регулювання продуктивності компресорних установок  <i>Доцільність регулювання. Регулювання періодичною зупинкою компресора, зміною швидкості обертів двигуна. Регулювання віджимом підводячого клапана, дроселюванням на всмоктуванні та включенням додаткових шкідливих просторів.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення способів регулювання компресорної установки.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 256-260.  <b>СРС:</b> Турбонадув та ефективність його застосування в компресорних установках.</p>
27	<p><b>Лекція 27.</b> Систем охолодження турбокомпресорної установки  <i>Влаштування системи охолодження з градирнями, вентиляторами, бризгальними басейнами та циркуляційними насосами. Доцільність охолодження, як один із генеральних напрямів енергозбереження. Застосування холодильних машин в системах охолодження.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> схеми систем охолодження компресорних установок.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 269-271.  <b>СРС:</b> Порівняльний аналіз питомих енерговитрат на процеси стиснення та охолодження повітря.</p>

**- Практичні заняття**

Основні завдання циклу практичних занять присвячені формуванню компетентностей розрахунку та вибору електромеханічного обладнання насосних, вентиляторних та пневматичних установок

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
	<p><b>Тема 1. Розрахунок та вибір електромеханічного обладнання насосної установки</b></p> <p>1. Вибір типу насоса, його характеристики та конструктивного влаштування насосної камери і фундаменту  <i>Виходячи із рекомендацій Правил безпеки, визначаються подача та напір насоса. Із області промислового використання насосів відповідного типу вибирається насос, його характеристика, габаритні дані, маса. Виходячі із кількості насосів, габаритів і маси насосів і двигунів визначаються габарити насосної камери і фундаменту.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> схеми розташування обладнання в насосній камері.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 218-223.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p> <p>2. Вибір трубопровідної мережі та визначення її характеристики  <i>З урахуванням пропускної спроможності визначаються діаметр та довжина підводячої і напірної частин трубопроводу. Розробляється схема заміщення трубопровідної мережі та визначається її характеристика.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> схема заміщення трубопровідної мережі, таблиця місцевих опорів.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 223-228.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p> <p>3. Визначення робочого режиму насосної установки. Вибір потужності двигуна.  Визначення всмоктувальної спроможності насоса  <i>Виходячи із графічних і аналітичних рівнянь, характеристики насоса і зовнішньої мережі, визначаються (графічно і аналітично) параметри робочого режиму (подача, напір). Для параметрів робочого режиму визначається потужність і вибір двигуна та всмоктувальна спроможність насоса. Приймається рішення про можливість забезпечення безкавітаційного режиму роботи.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення робочого режиму насосної установки.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 229-235.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p>



	<p>4. Визначення техніко-економічних показників ефективності роботи насосної установки  <i>За даними попередніх розрахунків визначається сумарний фактичний час роботи установки протягом доби та річні витрати електроенергії. Визначаються універсальні питомі енерговитрати, які порівнюються з рекомендованими їх значеннями. При необхідності аналізуються можливості покращення цього показника.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення характеристик паралельного з'єднання трубопроводів..  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 235-236.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p>
	<p><b>Тема 2. Розрахунок та вибір електромеханічного обладнання вентиляторної установки головного провітрювання</b></p> <p>5. Вибір типу вентилятора, способу його регулювання та характеристик  <i>Виходячи з областей промислового використання вентиляторів та за вихідними даними варіанту завдань вибирається тип вентилятора, спосіб його регулювання та сукупність його характеристик.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення сукупності характеристик вентилятора.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 83-86.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p> <p>6. Визначення характеристики зовнішньої мережі та робочого режиму вентиляторної установки, ККД регулювання, резерву продуктивності. Вибір двигуна  <i>Для вихідних даних варіанту визначається характеристика зовнішньої мережі та робочий режим вентиляторної установки, ККД регулювання та резерв продуктивності. За даними робочого режиму визначається потужність двигуна, а з врахуванням швидкості обертання – вибирається тип двигуна.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічні відображення робочих режимів вентиляторної установки.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 86-94.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p> <p>7. Визначення техніко-економічних показників ефективності роботи спроектованої вентиляторної установки  <i>За даними попередніх розрахунків для середніх значень продуктивності, тиску та ККД визначаються річні витрати електроенергії на провітрювання. Визначаються універсальні питомі енерговитрати, які порівнюються з рекомендованими їх значеннями. При необхідності аналізуються можливості покращення цього показника.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> табличні значення рекомендованих універсальних питомих енерговитрат.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 94-96.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p>
8	<p><b>Тема 3. Розрахунок та вибір електромеханічного обладнання вентиляторної установки місцевого провітрювання (ВУМП)</b>  <i>Виходячи з областей промислового використання ВУМП та за вихідними даними варіанту завдань вибирається тип вентилятора та кут установки лопатки робочого колеса при його виготовленні і відповідна йому характеристика. Визначається характеристика зовнішньої мережі для попередньо вибраного діаметру і довжини трубопроводу. Визначається робочий режим і за його параметрами перевіряється завантаженість комплектованого двигуна. Визначаються річні витрати електроенергії на вентиляцію, їх універсальні питомі значення, які порівнюються з рекомендованими їх величинами. При необхідності аналізуються можливості покращення цього показника.</i>  <b>Дидактичні засоби:</b> графічне відображення робочого режиму ВУМП.  <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 97-100.  <b>СРС:</b> виконання завдань за варіантами заданою темою.</p>

9	<p><b>Тема 4. Розрахунок та вибір електромеханічного обладнання компресорної установки</b></p> <p><i>За вихідними даними варіанту розробляється розрахункова схема пневмомережі та визначаються необхідні тиск і продуктивність. За табличними даними вибирається тип компресора та його двигун. Виконується графічний розрахунок робочого режиму.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: графічне відображення робочого режиму компресорної установки.</i></p> <p><i>Рекомендована література: [1] стор. 274-277.</i></p> <p><i>СРС: виконання завдань за варіантами заданою темою.</i></p>
---	--

**- Лабораторні заняття**

**Основні завдання лабораторних занять присвячені формуванню компетентностей з дослідження характеристик та робочих режимів насосних, вентиляторних та компресорних установок**

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Дослідження напірної характеристики відцентрового насоса	2
2	Дослідження характеристики зовнішньої мережі турбоустановки	2
3	Дослідження закону пропорційності для регулювання робочого режиму турбомашин	2
4	Дослідження способу регулювання робочого режиму турбомашин шляхом почергово – короткочасного включення ступенів швидкості обертання	2
5	Дослідження напірної характеристики гвинтового насоса	2
6	Дослідження режимів роботи послідовно – з'єднаних відцентрових насосів	2
7	Дослідження режимів роботи паралельно – з'єднаних відцентрових насосів	2
8	Дослідження режимів роботи відцентрового вентилятора	2
9	Дослідження режимів роботи компресора	2

**5. Самостійна робота студента/аспіранта**

Години відведені на самостійну роботу студента зазначені в п.5. Методика опанування навчальної дисципліни, це підготовка до виконання та захисту практичних та лабораторних робіт, а також підготовка до модульної контрольної роботи іспиту.

**Політика та контроль**

**6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Вивчення навчальної дисципліни “Насосні, вентиляторні та пневматичні установки”

потребує від здобувача вищої освіти:

- дотримання навчально-академічної етики;
- дотримання графіку навчального процесу;
- бути зваженим, уважним на заняттях;
- систематично опрацьовувати теоретичний матеріал;
- дотримання графіку захисту практичних та лабораторних робіт.

Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставленого завдання, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на лекції, то йому слід відпрацювати цю лекцію у інший час (з іншою групою, на консультації).

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на практичних та лабораторних заняттях, то йому слід відпрацювати ці заняття у інший час (з іншою групою, на консультації).

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

Рейтинг студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання 1 модульної контрольної роботи;
- 2) виконання та захисту 8 лабораторних робіт;
- 3) виконання та захисту 6 практичних завдань;
- 4) відповідь на іспиті;

### Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

	вчасна здача	1 перездача (протягом двох тижнів від початкового контролю)	2 перездача (без дотримання термінів виконання)
<b>1. Виконання модульної контрольної роботи:</b>			
- повністю правильно виконана робота	16	12	9
- робота виконана з незначними помилками	12	9	6
- робота не зарахована	0	0	0
- відсутність на модульно-контрольній роботі без поважної причини	-3		
<b>2. Виконання лабораторних робіт:</b>			
- лабораторна робота захищена з відмінним володінням матеріалом	2	1,5	1
- лабораторна робота виконана та захищена з незначними помилками	1,5	1	0,5
- відсутність на лабораторному занятті без поважної причини	-1		
- лабораторна робота не виконана			-2
<b>3. Виконання практичних завдань:</b>			
- завдання захищено з відмінним володінням матеріалу	2	1,5	1
- завдання виконано з відмінним володінням матеріалу	1,5	1	0,5
- завдання не виконано	0	0	0
- відсутність на практичному занятті без поважних причин			-1

### Розрахунок шкали (RC) рейтингу

$$RC(\max)=2*16+8*2+6*2=60 \text{ балів}$$

$$RC(\min)= 2*16*0,5+8*2*0,5+6*2*0,5=30 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимальна сума набраних балів складає 28 балів (3 пр., 3 лаб., 0,5 МКР). На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5*28 = 14$  балів.

За результатами 13 тижнів навчання максимальна сума набраних балів має складати 56 балів (6 пр., 6 лаб., 0,5 МКР). На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5*56 = 28$  балів.

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, практичне – 10 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

*Система оцінювання практичного питання:*

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7,5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

#### **Шкала рейтингових балів та критерії оцінювання екзамену (RE):**

	бали
- повністю правильна відповідь	40...38
- відповідь з незначними помилками	37...30
- відповідь з помилками	29...20
- відповідь не зарахована	19-0

**Рейтингова шкала з дисципліни складає  $R=RC+RE=60+40=100$  балів**

Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

<i>Рейтингові бали, RD</i>	<i>Оцінка за університетською шкалою</i>
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

Необхідною умовою допуску до екзамену є повне виконання навчального плану, а також попередній рейтинг не менше 30 балів та не менш ніж одна позитивна атестація. Студенти, які виконують додаткові завдання та проявлять творчу ініціативу отримують заохочувальні бали від 1 до 10.

#### **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Контрольні запитання

з дисципліни «НАСОСНІ, ВЕНТИЛЯТОРНІ та ПНЕВМАТИЧНІ УСТАНОВКИ»

1. Надати визначення основним параметрам турбомашин.
2. Провести аналіз кінематики потоку рідини у відцентровій турбомашині.
3. Провести аналіз кінематики потоку рідини в осьовій турбомашині.
4. Основне енергетичне рівняння турбомашини та його аналіз.
5. Теоретична напірна характеристика турбомашини та її аналіз. Дійсна напірна характеристика.
6. Характеристика зовнішньої мережі, еквівалентний отвір та робочий режим турбоустановки.
7. Втрати енергії в турбомашині та їх оцінювання
8. Обґрунтувати сферу застосування робочих коліс різних типів.
9. Умови та закони подібності лопатевих турбомашин та їх застосування.
10. Проаналізувати залежність всмоктувальної спроможності насоса від зовнішніх умов і параметрів робочого режиму насоса.
11. Обґрунтувати причини осьового тиску в насосах та способи його врівноваження.

12. Здійснити порівнювальний аналіз способів регулювання продуктивності насосної установки.
13. Надати принцип дії гвинтових насосів, характеристики, переваги/недоліки, область застосування.
14. Навести схему влаштування ерліфтної установки, основні співвідношення, характеристики, область застосування. Ежекторні (струминні) установки.
15. Обґрунтувати робочу ділянку характеристики та розмах еквівалентного отвору вентилятора.
16. Визначити необхідний та дійсний робочий режим вентилятора та способи його здійснення.
17. Навести та здійснити порівнювальний аналіз способів регулювання продуктивності осьового та відцентрового вентилятора.
18. Навести область промислового використання вентилятора, нормальна область, середньозважений ККД.
19. Навести основні залежності почергово-короткочасного способу регулювання вентиляторного агрегата.
20. Навести влаштування та визначити основні параметри компресора об'ємної дії.
21. Визначити ідеальну та дійсну роботу циклу стиснення поршневого компресора.
22. Визначити потужність та продуктивність поршневого компресора.
23. Багатоступіневе стиснення. Обґрунтувати розподіл ступеня стиснення та його обмеження.
24. Навести та здійснити порівнювальний аналіз способів регулювання продуктивності компресора.
25. Навести схему охолодження компресора та розглянути суть енергетичного принципу оптимізації її функціонування.
26. Технологічні схеми насосних установок, склад обладнання, вимоги Правил безпеки.
27. Технологічні схеми вентиляторних установок, склад обладнання, вимоги Правил безпеки.
28. Технологічні схеми компресорних установок, склад обладнання, склад допоміжного обладнання, різновиди компресорів.

**Робочу програму освітнього компонента (силабус):**

**Складено** д.т.н., проф. Шевчук Степан Прокопович

**Ухвалено** кафедрою АЕМК (протокол № 1 від 31.08.2021)

**Погоджено** Методичною комісією інституту ІЕЕ (протокол №1 від 31.08.2021)