

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій  
імені С.З. Гжицького  
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій  
Кафедра енергетики



**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Гарант освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

к.т.н., доцент

Віталій ЛЕВОНЮК

**СИЛАБУС  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ»**  
освітньо-професійна програма  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,  
спеціальність G3 «Електрична інженерія»  
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

**ВИКЛАДАЧ**



E-mail: [stanytskyitaras@gmail.com](mailto:stanytskyitaras@gmail.com)

Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59468946700>

ORCID <https://orcid.org/0009-0006-3897-4267>

Телефон +380975814371 (Viber)

**СТАНИЦЬКИЙ ТАРАС ОЛЕГОВИЧ**

Старший викладач кафедри енергетики Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Викладач з 5-річним досвідом, автор та співавтор 4 наукових публікацій, 10 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Потенціал відновлюваних джерел енергії, Сонячна енергетика, Вітроенергетика, Теплові помпи і кондиціонери.*

Сфера наукових інтересів: *системи енергозабезпечення об'єктів з використанням відновлюваних джерел енергії, технології використання низькопотенційного тепла навколишнього середовища.*

**ВИКЛАДАЧ****ДУДКО ІЛЛЯ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

*E-mail:* [ilyus90@gmail.com](mailto:ilyus90@gmail.com)

*Scopus*

*ORCID* <https://orcid.org/0009-0006-3897-4267>

*Телефон* +380673135273 (*Viber*)

Асистент кафедри енергетики Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Викладач з річним досвідом, автор та співавтор 4 наукових публікацій, 10 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Теплові помпи і кондиціонери, Інженерне обладнання будівель.*

Сфера наукових інтересів: *технології використання низькопотенційного тепла навколишнього середовища, холодильна техніка та кондиціонування повітря.*

## Опис дисципліни

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво, будівництво»

Спеціальність: G3 «Електрична інженерія»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень

Кількість кредитів (форма контролю) – 3 (залік)

Компонента освітньої програми: за вибором

Мова викладання: українська

### Анотація навчальної дисципліни

Фахівець зі спеціальності G3 «Електрична інженерія» повинен мати ґрунтовні знання щодо принципів роботи теплоенергетичного та холодильного обладнання як складових електроенергетичних і електромеханічних систем, а також уміти застосовувати ці знання для пошуку оптимальних технічних рішень під час проєктування, вибору, електропостачання, керування та експлуатації установок теплозабезпечення і холодозабезпечення в побутовому, комунальному та промисловому секторах. Для такого фахівця критично важливими є компетентності з аналізу електричних навантажень теплохолодильних агрегатів, оцінювання режимів пуску та регулювання електроприводів, забезпечення електробезпеки, надійності та якості електроенергії, а також інтеграції обладнання в системи автоматизації та диспетчеризації.

Навчальна дисципліна «Теплоенергетичне та холодильне обладнання» забезпечує необхідний обсяг базових і прикладних знань для підготовки здобувачів, оскільки формує інженерне розуміння взаємодії теплотехнічних процесів із електротехнічними підсистемами: електродвигунами, перетворювачами частоти, пускорегулювальною апаратурою, системами захисту, вимірювання та керування. Дисципліна орієнтована на практичні аспекти експлуатації обладнання, де енергетична ефективність і надійність визначаються не лише термодинамічними характеристиками, а й параметрами електропривода, алгоритмами регулювання та якістю електроживлення.

**Метою вивчення освітньої компоненти «Теплоенергетичне та холодильне обладнання» є формування у здобувачів вищої освіти системи теоретичних і практичних знань щодо принципів роботи, конструктивних особливостей, методів розрахунку та вибору теплотехнічного і холодильного обладнання з урахуванням електротехнічних вимог до електропостачання, електропривода, керування та захисту, необхідних для забезпечення надійної, безпечної та енергоефективної експлуатації.**

### **Завдання навчальної дисципліни передбачають:**

- ❖ застосування фундаментальних законів фізики й електротехніки та відповідні математичні методи для аналізу теплових і електричних процесів у теплохолодильних агрегатах;
- ❖ визначення енергетичних показників обладнання та оцінювати його вплив на електричні мережі (пікові навантаження, пускові струми, реактивна потужність, гармонічні спотворення);
- ❖ обґрунтування вибору електродвигунів, перетворювачів частоти, пускозахисної апаратури та засобів вимірювання для насосів, вентиляторів і компресорів;
- ❖ розробка принципів схем керування та захисту, виконувати налаштування й перевірку працездатності;
- ❖ здійснення діагностики, технічного обслуговування та підвищення енергоефективності шляхом оптимізації режимів роботи, впровадження автоматизованих систем керування й моніторингу, а також застосування сучасних електромеханічних рішень у складі теплоенергетичних і холодильних установок.

**Пререквізити:** для успішного опанування курсу «Теплоенергетичне та холодильне обладнання» потребує наявності систематичних і ґрунтовних знань із суміжних освітніх компонентів: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Електропривод», «Електричні мережі та системи», «Автоматика та системи керування», а також базових розділів «Теплотехніки» і «Термодинаміки» на рівні, достатньому для інженерних розрахунків.

**Відповідно до освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» вивчення дисципліни забезпечує набуття здобувачами таких компетентностей та програмних результатів навчання:**

Індекс в матриці ОПП	Програмні компоненти
1	2
<b>Інтегральна компетентність</b>	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або в процесі навчання, що передбачає застосування теорій і методів прикладної фізики та інженерних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
<b>Загальні компетентності</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.</li> <li>Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</li> <li>❖ Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.</li> </ul>

<b>Фахові (спеціальні) компетентності</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.</li> <li>❖ Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.</li> <li>❖ Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.</li> </ul>
<b>Програмні результати навчання</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.</li> <li>❖ Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.</li> <li>❖ Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.</li> </ul>

### Структура курсу

№ з/п	Тема, питання, що вивчаються
1	<p>Тема 1. Вступ. Місце теплоенергетичного та холодильного обладнання в електроенергетиці та електромеханіці</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Роль теплохолодильних установок у енергоспоживанні будівель і промисловості; типові технологічні застосування.</li> <li>1.2 Класифікація теплоенергетичного обладнання (теплогенератори, теплообмінники, теплові пункти) і холодильного обладнання (холодильні машини, теплові насоси, кондиціонери).</li> <li>1.3 Електротехнічні аспекти: структура електропривода, режими пуску, профіль навантаження, вимоги до якості електроенергії.</li> <li>1.4 Нормативні вимоги та безпека: електробезпека, заземлення, захист, загальні вимоги до експлуатації.</li> </ul>
2	<p>Тема 2. Теплотехнічні основи та енергетичні баланси теплохолодильних установок</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Базові поняття термодинаміки для інженера-електрика: тепло, робота, ентальпія, цикли, коефіцієнти ефективності.</li> <li>2.2 Теплові баланси: джерела/споживачі тепла, втрати, ефективність перетворення, сезонні показники (узагальнено).</li> <li>2.3 Холодильний цикл стиску пари: принцип дії, T-s та p-h діаграми (понятійно), COP/EER/SEER.</li> <li>2.4 Енергоаудит електроспоживання: зв'язок теплового навантаження з електричною потужністю; оцінка питомих витрат.</li> </ul>
3	<p>Тема 3. Теплогенератори та теплообмінні апарати: конструкції, режими, електротехнічне забезпечення</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Теплогенератори: електрокотли, ТЕН/індукційні нагрівачі, котли з</li> </ul>

	<p>електроавтоматикою; принципи регулювання потужності.</p> <p>3.2 Теплообмінники: пластинчасті, кожухотрубні, повітряні; параметри підбору та вплив забруднення на режими.</p> <p>3.3 Насосні та вентиляторні системи як складова теплопередачі: витрата, напір, гідравлічні/аеродинамічні характеристики.</p> <p>3.4 Прилади контролю й автоматика: датчики температури/тиску/витрати; виконавчі механізми; інтерфейси підключення.</p>
4	<p>Тема 4. Компресорні холодильні машини та теплові насоси: електропривод і керування продуктивністю</p> <p>4.1 Типи компресорів (поршневі, спіральні, гвинтові): конструктивні особливості та режими.</p> <p>4.2 Електродвигуни компресорів: вимоги до потужності, пускові режими, перевантажувальна здатність, охолодження двигуна.</p> <p>4.3 Методи регулювання продуктивності: on/off, ступінчасте, байпас, інверторне; вплив на ККД і ресурс.</p> <p>4.4 Захист компресорів і двигунів: тепловий/струмовий захист, контроль фаз, захист від низької/високої напруги, аварійні алгоритми.</p>
5	<p>Тема 5. Електроприводи насосів і вентиляторів у теплохолодильних системах. Частотне керування та енергозбереження</p> <p>5.1 авантажувальні характеристики насосів/вентиляторів; закони подібності та вплив швидкості обертання.</p> <p>5.2 Частотні перетворювачі: структура, принципи ШІМ, типові схеми підключення, EMC/EMI сумісність.</p> <p>5.3 Пуск і регулювання: прямий пуск, soft-starter, VFD; вибір методу за умовами мережі та механіки.</p> <p>5.4 Енергетична оптимізація: керування за <math>\Delta p/\Delta T</math>, погодозалежні алгоритми, мінімізація споживання при часткових навантаженнях.</p>
6	<p>Тема 6. Електроживлення, релейний захист і якість електроенергії для теплохолодильного обладнання</p> <p>6.1 Розрахунок електричних навантажень: встановлена/розрахункова потужність, коефіцієнти попиту, пускові струми.</p> <p>6.2 Захисна апаратура: автомати, запобіжники, контактори, УЗО/дифзахист, SPD; селективність і координація.</p> <p>6.3 Якість електроенергії: реактивна потужність, гармоніки від перетворювачів, провали напруги; наслідки для двигунів і автоматики.</p> <p>6.4 Компенсація та фільтрація: батареї конденсаторів, дроселі, активні/пасивні фільтри; вимоги до заземлення та екранування.</p>
7	<p>Тема 7. Автоматизація, диспетчеризація, діагностика та експлуатаційна надійність теплохолодильних установок</p> <p>7.1 Структура систем керування: локальні контролери, PLC, BMS/SCADA; типові протоколи взаємодії (Modbus, BACnet – оглядово).</p> <p>7.2 Алгоритми регулювання: PID, каскадне керування, керування за навантаженням, антифриз/антиконденсація, аварійні логіки.</p>

	<p>7.3 Діагностика й технічний стан: вібраційний контроль, струмові сигнатури, термографія, контроль ізоляції, журналювання подій.</p> <p>7.4 Експлуатація та безпека: планово-попереджувальне обслуговування, типові відмови електроприводів і автоматики, заходи підвищення надійності та енергоефективності.</p>
--	---

### Методи навчання. Система контролю та оцінювання результатів навчання

Навчання з дисципліни «Теплоенергетичне та холодильне обладнання» здійснюється із застосуванням сучасних інтерактивних та практикоорієнтованих методів, які поєднують словесні (лекція, пояснення, дискусія), наочні (демонстрація, робота з мультимедійними матеріалами) та активні форми (групові проекти, семінари-дискусії, моделювання ситуацій, аналіз кейсів). Використання методів мозкового штурму, проблемно-орієнтованих і дослідницьких підходів сприяє розвитку критичного та креативного мислення, уміння працювати в команді й приймати ефективні управлінські рішення. Ефективність забезпечується залученням сучасних цифрових інструментів, програмних засобів для планування й контролю, а також роботи з професійною літературою та науковими публікаціями.

Успішність студента оцінюється шляхом проведення поточного контролю.

Максимальна кількість балів з дисципліни «Спеціалізовані мови програмування», яку може отримати студент протягом семестру за всі види роботи за результатами поточного оцінювання становить 100. Результати **поточного контролю** оцінюються за чотирибальною («2», «3», «4», «5») шкалою. В кінці семестру обчислюється середнє арифметичне значення (САЗ) усіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням його у сто бальну шкалу за формулою: **ПК = 20•САЗ**.

### Критерії поточного оцінювання знань студентів

Оцінка	Критерії оцінювання
5 («відмінно»)	У повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко і всебічно розкриває зміст, використовуючи обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив 90% тестових завдань.
4 («добре»)	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст завдань, використовуючи обов'язкову літературу. При викладанні окремих питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються несуттєві неточності й незначні помилки. Правильно вирішив більшість тестових завдань.
3 («задовільно»)	У цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив близько половини тестових завдань.
2 («незадовільно»)	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Викладає матеріал фрагментарно та поверхово, без аргументації й обґрунтування, недостатньо розкриває зміст теоретичних і практичних завдань, допускає суттєві неточності. Правильно вирішив меншість тестових завдань.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, диференційованого заліку, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90–100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82–89	<b>B</b>	добре	
74–81	<b>C</b>		
64–73	<b>D</b>	задовільно	
60–63	<b>E</b>		
35–59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## Рекомендована література

## Базова

1. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: підруч. К.: НТУУ "КПІ", 2012. 492 с.

2. Редько А. О., Безродний М. К., Загорученко М. В., Ратушняк Г. С., Редько О. Ф., Хмельнюк М. Г. Низькопотенційна енергетика. Навчальний посібник (За редакцією академіка НАНУ А. А. Долинського), Харків: Видавництво «Друкарня Мадрид», 2016. 412 с.

3. Di Pippo R. Geothermal Power Plants: Principles, Applications and Case Studies. Oxford OX51GB, UK, 2005. 450 p.

4. Безродний М. К., Пуховий І. І., Кутра Д. С. Теплові насоси та їх використання. Навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. 312 с.

5. Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation. The World Bank. Technical Report 002/12, 72828. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP):

<http://documents.worldbank.org/curated/en/396091468330258187/pdf/728280-NWP0Box30k0TR0020120Optimized.pdf>

## Допоміжна

6. Tytko R. Urzadzenia i systemy energetyki odnawialnej. Krakow: Wydawnictwo i Drukarnia Towarzystwa Slowakow w Polsce, 2014. 671 p.

7. Klugmann-Radziemska E. Odnawialne Źródła Energii: przykłady obliczeniowe. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk, 2022. 100 s.

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – [книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) бібліотеки ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.

2. Віртуальне навчальне середовище ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького – <https://moodle.lnup.edu.ua/course/view.php?id=10616>.

3. Електронні інформаційні ресурси мережі інтернет з переліком сайтів: (потрібно дати декілька посилань, які стосуються дисципліни)

3.1. Національний стандарт України (ДСТУ, ПУЕ, ПБЕЕС), електронна база нормативних документів URL: <https://online.budstandart.com> .

3.2. Міненерго України, офіційний сайт Міністерства енергетики URL: <https://www.mev.gov.ua> .

3.3. Державна інспекція енергетичного нагляду України (Держенергонагляд), публікації, методичні рекомендації, вимоги безпеки в енергетиці URL: <https://denr.gov.ua> .

3.4. Електротехнічний портал ELEKS Energy, візуальні матеріали, електричні схеми, бази знань з електропостачання та енергетики URL: <https://dakar.eleks.com> .

3.5. Electrical Engineering Portal (англ.), URL: <https://electrical-engineering-portal.com>

3.6. <http://www.viessmann.ua>

3.7. <https://www.ochsner.com>

3.8. <https://cooper-hunter.com.ua/>

3.9. <https://www.geothermalukraine.org/>

4. Бібліотеки: Львівського ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького м. Дубляни, НУ «Львівська політехніка», Львівська національна наукова бібліотека України ім. В. Стефаника, м. Львів.