



ПРИРОДНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ. ВИДОБУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА РОЗПОДІЛ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Перший (бакалаврський)

Галузь знань	14Електрична інженерія
Спеціальність	144Теплоенергетика
Освітня програма	ОНП Теплоенергетика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/ очна(вечірня)
Рік підготовки, семестр	3курс, 6 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	Лекційні заняття – 2 год. на тиждень; практичні заняття – 2 год. на тиждень
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Голіяд Микола Никифорович Практичні: Голіяд Микола Никифорович
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=e7dcd4d8584a

Програма навчального кредиту

1. Опис навчального кредиту, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою вивчення навчального кредиту є формування у студента таких компетенцій:
здатність виявляти сутність енерго-екологічних проблем у сфері енерговиробництва, знаходити адекватні шляхи щодо їх розв'язання;

здатність генерувати нові ідеї й нестандартні підходи до їх реалізації (креативність);

здатність на підставі аналізу статичних, динамічних навантажень і режимних характеристик розробляти оптимальні режими експлуатації, розробляти заходи і здійснювати модернізацію та реконструкцію обладнання, установок та систем з метою забезпечення високих показників енергетичної ефективності та екологічної чистоти у т.ч. з використанням сучасних новітніх засобів, пристроїв та технологій енергообміну у системах енерговиробництва;

здатність застосовувати сучасні комп'ютерні середовища, математичне моделювання, системи моніторингу, бази даних та методи комплексного системного аналізу.

Предметом вивчення кредиту є визначення стану теплоенергетичного устаткування та розробка заходів з покращення комплексних показників його експлуатації за рахунок оптимізації та ефективного управління енергетичними, теплообмінними і аеродинамічними процесами та режимами роботи промислового об'єкту, впровадження сучасних методів та технологій з отриманням позитивного ефекту з мінімальним терміном окупності витрат.

Метою навчального кредиту є формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

- ЗКЗ-ЗК7, ЗК9** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями, застосовувати знання у практичних ситуаціях, використовувати інформаційні та комунікаційні технології, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, працювати в команді та приймати обґрунтовані рішення.
- ФКЗ,ФК8** Здатність проектувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання, використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.
- ФК13** Здатність аналізувати методи та засоби підвищення теплової економічності устаткування об'єктів промислової та муніципальної теплоенергетики; визначати шляхи модернізації теплової схеми з метою підвищення економічності та надійності роботи об'єктів промислової та муніципальної теплоенергетики.
- ФК16** Здатність використовувати сучасні інформаційні технології, в тому числі сучасні засоби комп'ютерної графіки, математичні методи та моделі для пошуку оптимальних технологічних режимів роботи промислових та інших об'єктів.

Згідно з вимогами освітньо - професійної програми студенти після засвоєння навчального кредиту мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

- ПРН1, ПРН2** Знати і розуміти математику, фізику, хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми, інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики.
- ПРН9, ПРН10** Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її, знати і розуміти технічні стандарти і правила техніки безпеки у сфері теплоенергетики.
- ПРН12, ПРН16** Розуміти основні методики проектування і дослідження в теплоенергетиці, а також їх обмеження, нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідки інженерної практики.
- ПРН18-ПРН20** Вміти керувати професійною діяльністю при роботі над проектами, нести відповідальність за прийняття рішень у сфері теплоенергетики, розробляти і реалізовувати енергозберігаючі заходи при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання, розробляти оптимальні конструкції та експлуатаційні режими теплообмінного обладнання; оцінювати їх ефективність і загальну економічність.

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

Для вивчення вказаного вище кредитного модуля необхідні знання в області таких дисциплін як “Технічна термодинаміка”, “Тепломасообмін”, “Нагнітачі та теплові двигуни”. В свою чергу набуті знання при вивченні цього навчального кредиту використовуються далі при вивченні дисциплін спеціалізації, виконанні розрахункових робіт, курсових та дипломних проектів.

3. Зміст кредитного модуля

Змістовий модуль 5. Системи газопостачання.

Тема 5.1. Загальні відомості про природний газ. Класифікація та характеристика природних та штучних газів. Походження нафти, горючих газів, їх склад та властивості. Запаси природного газу та їх розподіл у світі. Основні властивості природного газу. Шкідливі домішки, що містяться в природному газі.

Тема 5.2. Термодинамічні особливості природного газу. Основні термодинамічні процеси природного газу та компримування (стиснення) його в компресорі. Основні рівняння потоку природного газу. Дроселювання природного газу. Вологість природного газу і утворення кристалогідратів.

Контрольна модульна робота за темою 5.2.

Тема 5.3. Технологія видобування природного газу. Обробка природного газу після газових промислів. Методи очищення газу від механічних домішок. Очищення природного газу від сірководню та вуглекислого газу. Осушування природного газу. Одори́зація природного газу.

Тема 5.4. Транспортування природного газу на великі відстані. Компресорні станції МГ. Підземні сховища газу. Основне рівняння газопроводів. Змінювання температури газу по довжині магістрального газопроводу.

Тема 5.5. Газорозподільні станції (ГРС), газорегуляторні пункти (ГРП) та газорегуляторні установи (ГРУ). Призначення газорозподільних станцій. Основні вузли ГРС.

Тема 5.6. Система газопостачання великого міста. Ієрархія та призначення міських газопроводів. Газопостачання багатоквартирних будинків. Деякі рекомендації щодо гідравлічного розрахунку газопроводів системи газопостачання великого міста.

Тема 5.7. Промислові системи газопостачання. Види корозії газопроводів. Захист газопроводів від корозії. Активні та пасивні методи захисту газопроводів від корозії.

Контрольна модульна робота за темою 5.7.

Тема 5.8. Зріджені вуглеводневі гази (ЗВГ). Установки ЗВГ для газопостачання споживачів. Основний недолік систем, що використовують ЗВГ. Деякі рекомендації щодо гідравлічного розрахунку газопроводів систем газопостачання ЗВГ. Газонаповнювальні станції (ГНС). Особливості їх функціонування.

Тема 5.9. Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС). Коротка історія розвитку АГНКС. Моторні властивості природного газу. Принципові технологічні схеми газобензинового транспортного засобу та АГНКС.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Безродний М.К., Голяд М.Н. Системи газопостачання: навч. посіб. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Изд-во "Политехника", 2019. – 128 с.

Допоміжна література

2. Системи виробництва та розподілу енергоносіїв. Системи газопостачання: методичні вказівки / Уклад.: Б.В. Анцев, Г.Г. Леонтьєв, І.Е. Фуртат. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 64 с.
3. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1981, -440с. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1981, -440с.

Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та

замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1. Вступ. Газова промисловість по шляху прогреса. Історія розвитку газового господарства. Тема 5.1. Загальні відомості про природний газ. Класифікація та характеристика природних та штучних газів. Походження нафти, горючих газів, їх склад та властивості. Запаси природного газу та їх розподіл у світі. Основні властивості природного газу. Шкідливі домішки, що містяться в природному газі. Література: [1]. Завдання на СРС: Класифікація та характеристика природних та штучних газів.
2	Лекція 2. Тема 5.2. Термодинамічні особливості природного газу. Основні термодинамічні процеси природного газу та компримування (стиснення) його в компресорі. Основні рівняння потоку природного газу. Дроселювання природного газу. Вологість природного газу і утворення кристалогідратів. Література: [1]. Завдання на СРС: Технологічна схема добування, транспортування, збереження та розподілу природного вуглеводородного газу. Загальні відомості про свердловини. Магістральні газопроводи.
3	Лекція 3. Тема 5.3. Технологія видобування природного газу. Обробка природного газу після газових промислів. Методи очищення газу від механічних домішок. Очищення природного газу від сірководню та вуглекислого газу. Осушування природного газу. Одоризація природного газу. Література: [1]. Завдання на СРС: Компресорні станції МГ. Схема КС МГ.
4	Лекція 4. Тема 5.4. Транспортування природного газу на великі відстані. Компресорні станції МГ. Підземні сховища газу. Основне рівняння газопроводів. Змінювання температури газу по довжині магістрального газопроводу. Література: [1]. Завдання на СРС: Газорозподільні станції (ГРС), газорегуляторні пункти (ГРП) та газорегуляторні установки (ГРУ).
5	Лекція 5. Тема 5.5. Газорозподільні станції (ГРС), газорегуляторні пункти (ГРП) та газорегуляторні установки (ГРУ). Призначення газорозподільних станцій. Основні вузли ГРС. Література: [1]. Завдання на СРС: Газове обладнання для ГРП (ГРУ). Конструкції регуляторів тиску.
6	Лекція 6. Тема 5.6. Система газопостачання великого міста. Ієрархія та призначення міських газопроводів. Газопостачання багатоквартирних будинків. Деякі рекомендації щодо гідравлічного розрахунку газопроводів системи газопостачання великого міста.

	Література: [1]. Завдання на СРС: Класифікація газових мереж населених пунктів та промислових підприємств.
7	Лекція 7. Тема 5.7. Промислові системи газопостачання. Види корозії газопроводів. Захист газопроводів від корозії. Активні та пасивні методи захисту газопроводів від корозії. Література: [1]. Завдання на СРС: Розрахунки газопроводів низького середнього та високого тиску.
8	Лекція 8. Тема 5.8. Зріджені вуглеводневі гази (ЗВГ). Установки ЗВГ для газопостачання споживачів. Основний недолік систем, що використовують ЗВГ. Деякі рекомендації щодо гідравлічного розрахунку газопроводів систем газопостачання ЗВГ. Газонаповнювальні станції (ГНС). Особливості їх функціонування. Література: [1,3] Завдання на СРС: Корозія газопроводів та захист від неї. Штучні гази.
9	Лекція 9. Тема 5.9 Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС). Коротка історія розвитку АГНКС. Моторні властивості природного газу (фазовий стан зберігання, токсичність, октанове число, границі запалення в суміші з повітрям, коефіцієнт надлишку повітря). Література: [1]. Завдання на СРС: Підготовка природних газів.

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять - набуття студентами початкового досвіду в проектуванні та розрахунках систем газопостачання.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Практичне заняття 1. Тема 5.1 Визначення густини та відносної густини. Визначення коефіцієнту стискування газової суміші. Література: [2]. Завдання на СРС: Термодинамічні особливості природного газу.
2	Практичне заняття 2. Тема 5.2 Визначення пропускної здатності магістрального газопроводу. Контрольна робота № 1. Література: [1,2]. Завдання на СРС: Газове обладнання для ГРП (ГРУ). Конструкції регуляторів тиску.
3	Практичне заняття 3. Тема 5.5 Вибір регуляторів тиску типу РД та РДУК, газових фільтрів, лічильників газу, запобіжних скидних та запорних клапанів. Література: [2,3]. Завдання на СРС: Основи розрахунків газових мереж населених пунктів та промислових підприємств.
4	Практичне заняття 4. Тема 5.7 Аеродинамічні розрахунки газопроводів низького тиску (аналітичні розрахунки та розрахунки за допомогою таблиць та

	номограм). Аеродинамічні розрахунки газопроводів середнього та високого тиску. Контрольна робота № 2. Література: [2]. Завдання на СРС: Підготовка природних газів.
5	Практичне заняття 5. Тема 5.10 Конденсація водяної пари з природного газу при його транспортуванні. Визначення витрат газу споживачам населених пунктів та промислових підприємств Література: [2,3]. Завдання на СРС: Корозія газопроводів та захист від неї.

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Класифікація та характеристика природних та штучних газів.	1
2	Загальні відомості про свердловини. Магістральні газопроводи.	1
3	Компресорні станції МГ. Схема КС МГ.	1
4	Газорозподільні станції (ГРС), газорегуляторні пункти (ГРП) та газорегуляторні установки (ГРУ).	1
5	Газове обладнання для ГРП (ГРУ). Конструкції регуляторів тиску.	1
6	Класифікація газових мереж населених пунктів та промислових підприємств.	1
7	Розрахунки газопроводів низького середнього та високого тиску.	2
8	Корозія газопроводів та захист від неї.	2
9	Підготовка природних газів.	1
	Всього:	11

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентами:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- штрафні та заохочувальні бали:
 - відсутність на практичному занятті без поважної причини - мінус 5 балів;
 - несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання МКР - мінус 5 балів;
 - участь в олімпіаді з дисципліни, розробка ситуаційних вправ, тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

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

Види контролю знань аспірантів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;

- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР (дві частини);
- відповідь на заліку – максимально 40 балів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) три відповіді в середньому кожного аспіранта на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і двадцяти шести лекційних занять (52 години) отримуємо: $2 \cdot 13/10 \approx 3$ відповіді);
- 2) дві відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 3 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і семи практичних занять (13 годин) отримуємо: $3 \cdot 7/10 \approx 2$ відповіді);
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР;
- 5) відповідь на заліку – максимально 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів аспіранта на всіх заняттях: $r_1 = 3 \text{ бали} \times 3 = 9 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів аспіранта на всіх заняттях: $r_2 = 3 \text{ бали} \times 2 = 6 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів аспіранта 35 (видається сім завдань на СРС, строк задачі завдання – не пізніше ніж через два тижні після видачі): $r_3 = 5 \text{ балів} \times 7 = 35 \text{ балів}$. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 бали – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 2 бали – не в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 0 балів – не вчасно надана відповідь або ненадана відповідь.

Штрафні бали:

- несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – -2 бал.

Заохочувальні бали

- участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах – 5 балів.

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини – 5. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4=5 \times 2 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів – повна вірна відповідь на завдання; 4 бали – відповідь має несуттєві похибки; 3 бали – неповна відповідь; 0...2 бали – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Відповіді на заліку

Залік проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 10 балів, а третє – 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконання завдання $10+10+20 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 (18...20) балів;

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 (14...17) балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 (11...13) балів;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 50% потрібної інформації та помилки) – менше 5 (10) балів.

Штрафні бали:

додаткове питання з тем лекційного курсу отримують аспіранти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 3 бали.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + r_4.$$

де R_i — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 9+6+35+10 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше $0,4 \times R_c = 24$ балів.

Аспіранти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 24 бали, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 40$ балів.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100–бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 54$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 60 + \frac{40 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100–бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Робочу програму навчального кредиту (силабус):

Складено ст. викладачем Голіядом Миколою Никифоровичем

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 14 від 24.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № 10 від 25.06.2021р.)