



Використання вторинних енергоресурсів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	ОПП «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4-ий курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів; 150 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	Лекційні заняття – півтора рази на тиждень (один тиждень – два рази, другий тиждень – один раз); практичні заняття – один раз на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Безродний Михайло Костянтинович, тел. 0504185108 Практичні заняття: к.т.н., доцент Притула Наталя Олександрівна, тел. 0664774832
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Використання вторинних енергоресурсів» є дисципліною варіативної підготовки і належить до циклу дисциплін самостійного вибору вищого навчального закладу підготовки за напрямом 6.050601 «Теплоенергетика», програма професійного спрямування «Теплоенергетика». Код дисципліни 2.1.6.

Для вивчення кредитного модуля «Використання вторинних енергоресурсів» необхідні знання в області технічної термодинаміки (1.3.1.4), тепломасообміну (1.3.1.5), теплотехнологічних процесів та установок (2.1.1), джерел теплопостачання та споживачів теплоти (2.1.4), котельних установок промислових підприємств (2.1.2). В свою чергу, знання в області використання вторинних енергоресурсів використовуються далі при вивченні дисциплін «Енергозбереження в теплопостачанні» (2.1.06), «Системи та установки знешкодження промислових

викидів» (2.2.2.3), а також при виконанні курсового проекту та дипломного проектування.

Метою дисципліни є вивчення методів і установок для використання вторинних енергоресурсів в різних галузях промисловості.

При викладанні дисципліни будуть вивчатися: методи та установки для використання теплоти відхідних виробничих газів, системи охолодження високотемпературних агрегатів, використання фізичної теплоти технологічних продуктів і відходів, методи та установки для використання низькопотенціальної теплоти, енерготехнологічне комбінування (ЕТК) в промисловості, термічне знешкодження промислових викидів.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які аспірант набуде після вивчення дисципліни:

- | | |
|-------|--|
| ЗКЗ | Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. |
| ФКЗ | Здатність проєктувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання. |
| ФК 5 | Здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми у сфері теплоенергетики, а також ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі. |
| ФК 13 | 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. |
| ФК14 | Здатність розробляти і реалізовувати енергозберігаючі заходи при проєктуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання, аналізувати схеми теплоенергетичних і теплотехнологічних установок з урахуванням вимог безпеки і сучасних тенденцій розвитку енергетики в залежності від призначення і типу палива, яке використовується. |
| ФК 15 | Здатність розробляти оптимальні конструкції та експлуатаційні режими теплообмінного обладнання; оцінювати ефективність і загальну економічність використання різних видів ВЕР, нетрадиційних джерел енергії, об'єктів з теплонасосними системами тепlopостачання. |

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- | | |
|-------|--|
| ПРН 2 | Знати і розуміти 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.

- ПРН 4 Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.
- ПРН 12 Розуміти основні методики проектування і дослідження в теплоенергетиці, а також їх обмеження.
- ПРН 19 Вміти розробляти і реалізовувати енергозберігаючі заходи при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання.
- ПРН 20 Вміти 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)

Освоєння матеріалу дисципліни базується на попередньому вивченні таких дисциплін, як «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Гідродинаміка», і буде корисним при вивченні дисциплін «Енергозбереження в теплопостачанні», «Системи та установки знешкодження промислових викидів», а також при виконанні курсового проекту та дипломного проектування.

Зміст навчальної дисципліни

- 1. Методи та установки для використання теплоти відхідних виробничих газів.**
Відхідні виробничі гази як теплоносії. Основи теорії регенеративного використання теплоти відхідних газів. Установки для внутрішнього використання теплоти відхідних газів. Котли-утилізатори на відхідних виробничих газах.
- 2. Системи охолодження високотемпературних агрегатів.**
Класифікація і особливості окремих видів систем охолодження. Використання теплоти систем охолодження високотемпературних агрегатів.
- 3. Використання фізичної теплоти технологічних продуктів.**
Напрямки і особливості використання фізичної теплоти технологічних продуктів.
- 4. Використання фізичної теплоти технологічних відходів.**
Напрямки і особливості використання фізичної теплоти технологічних відходів.
- 5. Методи та установки для використання низькопотенціальної теплоти.**
Основні джерела низько-потенціальної теплоти та напрямки їх використання. Акумулятори теплоти. Теплові насоси та трансформатори теплоти.
- 6. Енерготехнологічне комбінування (ЕТК) в промисловості.**
ЕТК в металургійній промисловості. ЕТК в хімічній промисловості. ЕТК в целюлозно-паперовій промисловості. Основи циклонних процесів.

7. Термічне знешкодження промислових викидів.

Загальна характеристика відходів. Методи термічного знешкодження. Пряме окислення шкідливих речовин в факелі полум'я. Знешкодження за багатоступеневою схемою.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базовими матеріалами для вивчення дисципліни є наступні підручники і навчальні посібники :

1. Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидельковский Л.Н. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности.- Киев: Вища школа, 1986.
2. Голубков Б.Н. и др. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий.- М.: Энергия, 1979.
3. Воинов А.П., Зайцев В.А., Куперман Л.И., Сидельковский Л.Н. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты.-М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Методичні вказівки до виконання курсового та і дипломного проектування «Розрахунок термосифонних утилізаторів теплоти» Уклад. / М.К.Безродний, С.О.Хавін. - К.: ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2004. – 36 с.

Допоміжні джерела:

5. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий.-М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Семененко Н.А. Организация теплоиспользования и энерготехно-логическое комбинирование в промышленной огнетехнике. - М.: Энергия, 1976.
7. Андоньев С.М. Испарительное охлаждение металлургических печей.-М.: Металлургия, 1970.
8. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий.-М.: Энергия, 1970.
9. Рей Д. Экономия энергии в промышленности.-М.: Энергоатомиздат, 1983.
10. Безродний М.К., Барабаш П.О., Голіяд М.Н. Гидродинамика и контактный тепломассообмен в некоторых газожидкостных системах. – Киев: «Політехніка», 2011.–408 с.
11. Безродний М.К., Пуховий І.І., Кутра Д.С. Теплові насоси та їх використання. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опанування навчальної дисципліни базується на попередньому опрацюванню матеріалу кожної лекції з подальшим опитуванням і детальним розглядом окремих питань під час проведення лекції або зустрічі при дистанційному режимі навчання. Крім того, в рамках проведення практичних занять, студентам

видаються індивідуальні завдання для попереднього їх вирішення і обговорення в рамках часу, передбаченого розкладом практичних занять.

5. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота студента передбачена в домашньому опрацюванні матеріалу лекцій, а також при самостійному вирішенні індивідуальних завдань, що видаються в рамках програми практичних занять.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до аспірантів:

- обов'язкова присутність на лекціях і практичних заняттях за розкладом;
- домашнє опрацювання матеріалу лекцій;
- самостійне вирішення індивідуальних завдань;
- доопрацювання завдань з урахуванням результатів перевірки і зроблених зауважень;
- відключення телефонів на контактних заняттях.

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

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР;
- відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

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

- 1) шість відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студента; при середній чисельності групи 10 осіб і двадцяти шести лекційних занять (52 години) отримуємо: $2 \cdot 26 / 10 \approx 6$ відповідей);
- 2) дві відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 3 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти практичних занять (18 годин) отримуємо: $3 \cdot 9 / 10 \approx 3$ відповіді);
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР;
- 5) відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів аспіранта на всіх заняттях: $r_1 = 3$ бали $\times 6 = 18$ 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: $r_2 = 3$ бали $\times 2 = 6$ 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 – 1. Максимальна кількість балів студента 26 завдань (завдання СРС видаються після кожної лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_3 = 1$ бал $\times 26 = 26$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

1 бал – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 0 балів – не вчасно надана відповідь.

Штрафні бали:

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – -1 бал.

Заохочувальні бали

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

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини – 4. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4 = 4 \times 2 = 8$ балів.

Критерії оцінювання:

4 бали – повна вірна відповідь на завдання; 3 бали – відповідь має несуттєві похибки; 2 бали – неповна відповідь; 0...1 бал – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Відповіді на екзамені

Екзамен 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: $R_c = 18+6+26+8 = 60$ 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. Аспірантам, 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.

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор кафедри, д.т.н., проф. Безродний Михайло Костянтинович

Ухвалено кафедрою ТПТ (протокол № 16 від 23.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № від 24.06.2021р.)