Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра відновлюваних джерел енергії ФЕА

Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*14 «Електрична інженерія»*
Спеціальність	*141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
Освітня програма	*Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*Очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*III курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ECTS / 120 годин (лекцій – 54, лабораторних занять – 8, практичних занять 10,самостійна робота - 48)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік /ЛР/ ПР/ МКР*
Розклад занять	*Лекційні заняття – 3 рази на 2 тижні; лабораторні заняття – 1 раз на два тижні, практичні заняття – 1 раз на два тижні*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Лектор: доцент к.т.н. Жовмір Микола Михайлович Zhovmir.Mykola@lll.kpi.ua , тел. +38 044 204 95 19* *Практичні заняття: асистент Мельник Олександр Анатолійович, тел. +38 044 204 95 19* *Лабораторні роботи: доцент к. т. н. Жовмір Микола Михайлович, асистент Мельник Олександр Анатолійович*
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTQ3NTA2Mzg4OTk1?cjc=5sfsiis

Метою навчальної дисципліни *є доповнення при формування у студентів наступних компетентностей: К16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії; К18. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища; К21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах; К22. Здатність застосовувати методи діагностики стану обладнання та устаткування відновлюваної енергетики, проводити сертифікацію та експертизу об'єктів відновлюваної енергетики; К23. Здатність перевіряти технічний стан, організовувати обслуговування та ремонт електроенергетичних та електротехнічних систем, пристроїв, комплексів та устаткування традиційної та відновлюваної енергетики.*

Програмні результати навчання: *ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок; ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень; ПР21. Знати методи і порядок проектування об'єктів нетрадиційної та відновлюваної енергетики; ПР22. Знати електрофізичні та теплотехнічні процеси і явища, що відбуваються в обладнанні та устаткуванні нетрадиційної та відновлюваної енергетики; ПР23. Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій; ПР26. Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики.*

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Сонячна теплоенергетика», «Технічна механіка», «Промислова екологія». Дисципліна «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», використовуючи основоположні закони фізики та хімії подає теоретичні основи процесів перетворення енергії палив та біопалив в котельних установках, які є основним обладнанням сучасних електричних станцій та станцій теплопостачання. При вивченні конструкції та режимів роботи котельних установок потрібні також знання з «Інженерної графіки», конструкційних матеріалів, основ метрології та вимірювань неелектричних величин. Значну увагу приділено вивченню сфер застосування окремих класів котельних установок у складі електричних станцій. Дисципліна «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» передує вивченню дисциплін «Біоенергетика», «Перетворення та акумулювання енергії відновлюваних джерел», «Основи експлуатації енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 8 розділів, а саме:

1. ***Вступ до дисципліни*** *«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» до якого ввійшли питання: принципові теплові схеми ТЕС, ТЕЦ, котелень; загальна технологічна схема парогенераторної установки на твердому паливі; принципова схема парогенератора на твердому паливі; визначення основних понять.*
2. ***Енергетичне паливо та його горіння*** *до якого ввійшли питання джерел теплоти для парогенераторів, енергетичне паливо, класифікація палив, склад палива; теплота згорання палива, леткі речовини та кокс палива; характеристика золи; фізико-механічні властивості палива; викопне вугілля, класифікація за типами, марками та розміром часток; торф, сланці; тверді біопалива, класифікація за видом біомаси, торговими формами та властивостями;*

мазут та його властивості; характеристики газоподібного палива; матеріальні баланси процесів горіння; теоретично необхідний та дійсний об'єм повітря для спалювання палив; коефіцієнт витрати (надлишку) повітря, присоси повітря в газоходах; склад та об'єми продуктів згорання палива; ентальпія продуктів згорання палива; основи кінетики горіння палив, гомогенні та гетерогенні хімічні реакції горіння, прямі та зворотні реакції, порядок хімічних реакцій, енергія активації, ланцюгові реакції.

3. ***Тепловий баланс та коефіцієнт корисної дії котельного агрегату*** *до якого ввійшли загальне рівняння теплового балансу, складові привхідної частини теплового балансу, складові витратної частини теплового балансу, визначення коефіцієнта корисної дії за прямим та зворотним тепловим балансом, теплові втрати котельного агрегату з відхідними газами, через хімічну неповноту згорання, через механічну неповноту згорання, через зовнішнє охолодження, з фізичною теплотою шлаку; брутто та нетто коефіцієнт корисної дії; витрата палива та розрахункова витрата палива.*

4. ***Топкові процеси*** *до якого ввійшли питання класифікації, загальних характеристик і основних показників роботи топкових пристроїв; спалювання газоподібного палива; спалювання рідкого палива; спалювання твердого палива в шарі; спалювання твердого палива в пиловидному стані.*

5. ***Теплообмін та гідродинаміка в елементах парогенератора*** *до якого ввійшли питання теплообміну в топці, теплообміну в конвективних поверхнях нагріву, організації руху води та пароводяної суміші в котельних агрегатах; парогенератори з природною циркуляцією, з примусовою циркуляцією, прямоточні, теплова схема парогенератора, водний режим та якість пари.*

6. ***Конструктивний устрій основних елементів котельних установок*** *до якого ввійшли питання: барабани та колектори, випарювальні поверхні нагріву; пароперегрівачі, водяні економайзери; підігрівачі повітря; забруднення та очистка поверхонь нагріву; високотемпературна корозія поверхонь нагріву; низькотемпературна корозія поверхонь нагріву; каркас та обмурівка парогенераторів; аеродинаміка котельної установки; золовловлювання та очистка продуктів згорання; видалення шлаку та золи; паливне господарство котелень.*

7. ***Загальна характеристика водогрійних та опалювальних котлів, теплогенераторів*** *до якого ввійшли питання: стандарти на водогрійні та опалювальні котли, конструктивний устрій водотрубних, жаротрубних, газотрубних водогрійних котлів; теплогенератори для спалювання цілих тюків соломи.*

8. ***Організація експлуатації котельних установок*** *до якого ввійшли питання щодо вимог державних нормативних актів з охорони праці до конструктивного устрою, розробки конструкторської документації та виготовлення котлів, їх реконструкції та ремонту; вимог державних нормативних актів щодо розробки проектної документації для спорудження котелень, монтування котлів, їх випробувань та здавання в експлуатацію; вимог державних нормативних актів щодо організації експлуатації котлів: реєстрація котлів, опосвідчення, періодичні огляди та випробування; вимог до обслуговуючого персоналу; особливостей організації експлуатації опалювальних котлів та теплогенераторів.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

3. *Конспект лекцій з дисципліни «Котельні установки промислових підприємств» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 – Теплоенергетика очної та заочної форм навчання / Укл. Глущенко О.Л., – Кам'янське: ДДТУ, 2019 – 103 с.*
4. *Жовмір М.М. Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та*

теплогенератори». НТУУ КПІ ім. І. Сікорського. 2021. https://classroom.google.com/c/MTQ3NTA2Mzq4OTk1?cjc=5sfsiis

5. *Клімов Р.О. Конспект лекцій з дисципліни «Джерела теплопостачання та теплові мережі» / Р»,О. Клімов. – Дніпродзержинськ: ДДПУ, 2016. – 103 с.*
6. *Ganapathy V. Steam Generator and Waste Heat Boilers. CRC Press Taylor & Francis Group. London. New York. 2015. -529 p.*

Додаткові інформаційні ресурси

7. *Нормативно-правовий акт з охорони праці НПАОП 0.00-1.08-94 Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів. Держнаглядохоронпраці України. Київ. 1998. – 174 с.*
8. *Нормативно-правовий акт з охорони праці НПАОП 0.00-1.26-96 Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не вище 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2) та водогрійних котлів і водопідігрівачів температурою нагріву води не вище 115^{o}С. Держнаглядохоронпраці України. Київ. 1996. – 58 с.*
9. *Rules for Construction of Power Boilers. ASME Boiler and Pressure Vessel Code. International Code. ASME. New York. 2004. – 264 p.*
10. *Steam plant calculations manual. Second edition. / V. Ganapathy. Marcel Dekker Inc. New York. Basel, Hong Kong. 2015. – 226 p.*

11. 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 інформаційні джерела)*
1	***Тема 1. Вступ до дисципліни*** *«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори». Принципові теплові схеми ТЕС, ТЕЦ, котелень. Загальна технологічна схема парогенераторної установки на твердому паливі. Принципова схема парогенератора на твердому паливі. Визначення понять: парогенератор та паровий котел, водогрійний котел, опалювальний котел, котельний агрегат, основне та допоміжне обладнання, котельна установка, котельня, теплогенератор.* *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 1.*
2	***2. Енергетичне паливо.*** ***Тема 2.1. Джерела теплоти для парогенераторів. Енергетичне паливо. Основні визначення. Класифікація палив. Склад палива. Маса палива: робоча, суха, суха беззольна, органічна. Теплота згорання палива. Леткі речовини та кокс палива. Характеристика золи. Фізико-механічні властивості палива. Викопне вугілля, класифікація за типами, марками та розміром часток. Торф. Сланці. Тверді біопалива, класифікація за видом біомаси, торговими формами та властивостями.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 2.*
3	***Тема 2.1. Джерела теплоти для парогенераторів. Енергетичне паливо (завершення). Рідке паливо та його властивості. Характеристики газоподібного палива.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 3.*
4	***Тема 2.2. Матеріальні баланси процесів горіння. Теоретично необхідний та дійсний об'єм повітря для спалювання палив. Коефіцієнт витрати (надлишку) повітря.***

	Присоси повітря в газоходах. Склад та кількість продуктів згорання палива. Розрахунок коефіцієнта надлишку повітря при повному та неповному згоранні палива. Ентальпія продуктів згорання палива. *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 4.*
5	***Тема 2.3 Основи кінетики горіння палив. Кінетика хімічних реакцій. Порядок хімічних реакцій. Енергія активації. Ланцюгові реакції.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 5.*
6	***3. Тепловий баланс та коефіцієнт корисної дії котельного агрегату*** ***Тема 3.1 Тепловий баланс котельного агрегату.*** *Загальне рівняння теплового балансу. Складові привхідної частини теплового балансу. Складові витратної частини теплового балансу. Розрахунок коефіцієнта корисної дії за прямим балансом.* *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 6.*
7	***Тема 3.1 Тепловий баланс котельного агрегату (завершення).*** *Визначення коефіцієнта корисної дії котельного агрегату за зворотним тепловим балансом; теплові втрати котельного агрегату з відхідними газами, через хімічну неповноту згорання, через механічну неповноту згорання, через зовнішнє охолодження, з фізичною теплотою шлаку; брутто та нетто коефіцієнт корисної дії; витрата палива та розрахункова витрата палива.* *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 7.*
8	***4. Топкові процеси*** ***Тема 4.1 Класифікація, загальні характеристики і основні показники роботи топкових пристроїв. Загальна класифікація топкових пристроїв. Топкові процеси при спалюванні газового, рідкого та твердого палива. Основні показники роботи топкових пристроїв.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 8.*
9	***Тема 4.2 Спалювання газоподібного палива. Основні характеристики газового палива. Принципи організації спалювання газового палива в топках. Стійкість полум'я. Топки та пальники для газового палива. Особливості спалювання газових палив з низькою та високою теплотою згорання. Сумісне спалювання газового палива з рідким та твердим паливом, спалювання біогазу.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 9.*
10	***Тема 4.3 Спалювання рідкого палива.*** *Особливості спалювання рідкого палива та етапи його горіння. Форсунки для рідкого палива, комбіновані газомазутні пальники. Топки для спалювання рідкого палива. Особливості спалювання горючих біоридин.* *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 10.*
11	***Тема 4.4 Спалювання твердого палива в шарі. Класифікація шарових топок. Загальна характеристика процесу горіння палива в шарі. Немеханізовані, напівмеханічні та механічні шарові топки. Топки з киплячим шаром палива для спалювання вугілля та твердих біопалив.***

	Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 11.
12	***Тема 4.5 Спалювання твердого палива в пиловидному стані. Схеми приготування пилу, сушіння та розмелювання. Особливості факельного горіння вугільного пилу. Пиловугільні пальники та їх розташування в топці. Факельні топки з видаленням твердого та рідкого шлаку. Циклонні та вихорові топки.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 12.*
13	*5.* ***Теплообмін та гідродинаміка в елементах парогенератора*** ***Тема 5.1 Теплообмін в елементах парогенератора. Теплообмін в топці. Теплообмін в конвективних поверхнях нагріву. Інтенсифікація радіаційного та конвективного теплообміну.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 13.*
14	***Тема 5.2 Гідродинаміка котельних агрегатів. Випарювальні поверхні нагріву та організація руху води та пароводяної суміші в них. Парогенератори з природною циркуляцією, прямоточні, з примусовою циркуляцією.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 14.*
15	***Тема 5.2 Гідродинаміка котельних агрегатів (завершення). Основні конструктивні схеми парових котлів низького, середнього, високого та надкритичного тиску. Компоновки парових котлів. Класифікація парових котлів за параметрами пари та досяжні показники електростанцій з їх застосуванням.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 15.*
16	***Тема 5.3 Теплова схема парогенератора. Теплові схеми: парогенератора середнього тиску для спалювання газу та мазуту, парогенератора високого тиску для спалювання вугільного пилу, схема сонячно-паливного парогенератора з параболоциліндричними концентраторами.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори Тепломасообмін» лекція 16.*
17	***12. Тема 5.4. Водний режим та якість пари. Підготовка живильної води. Утворення накипу та вимоги до якості живильної води. Хімічна підготовка живильної води. Продувка парогенератора. Ступінчате випарювання. Сепарація та промивання пари. Насоси котельних установок.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 17.*
18	***6. Конструктивний устрій основних елементів котельних установок.*** ***Тема 6.1 Елементи парового тракту котла. Барабан та колектори котла. Випарювальні поверхні. Пароперегрівачі. Типи пароперегрівачів. Конвективні пароперегрівачі. Радіаційні та ширмові пароперегрівачі. Компонування пароперегрівачів.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 18.*
19	***Тема 6.1 Елементи парового тракту котла. (завершення) Регулювання температури***

	перегріву пари. Пароохолоджувачі. Схеми включення пароохолоджувачів. *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 19.*
20	***Тема 6.2 Низькотемпературні поверхні нагріву. Водяні економайзери, типи та схеми включення. Підігрівачі повітря, типи та схеми включення. Низькотемпературна корозія поверхонь нагріву.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 20.*
21	***Тема 6.3 Арматура та гарнітура котла. Запобіжні та вибухові клапани, арматура. Люки, лази.*** ***Тема 6.4 Забруднення та очистка поверхонь нагріву. Високотемпературна корозія поверхонь нагріву. Забруднення поверхонь нагріву. Очистка поверхонь нагріву від забруднень.*** ***Тема 6.5 Каркас та обмурівка парогенераторів. Каркас. Обмурівка. Теплоізоляція.*** ***Тема 6.6 Аеродинаміка котельної установки. Газоповітряний тракт. Аеродинамічний опір. Димососи та вентилятори. Димова труба.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 21.*
22	***13. Тема 6.7 Екологічні вимоги до котелень. Золовловлювання та очистка продуктів згорання. Вміст шкідливих речовин в продуктах згорання. Золовловлювання. Очистка продуктів згорання від оксидів сірки та оксидів азоту. Видалення шлаку та золи.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» лекція 22.*
23	***Тема 6.8 Паливне господарство. Паливне господарство при використанні твердого палива та біомаси. Мазутне господарство. Газопостачання котелень.*** *Літературні джерела: [1], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» лекція 23.*
24	***7. Загальна характеристика водогрійних та опалювальних котлів, теплогенераторів*** ***Тема 7.1 Класифікація та технічні вимоги до водогрійних котлів.*** *Стандарти на водогрійні та опалювальні котли.* *Літературні джерела: [1, 3], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 24.*
25	***Тема 7.2 Конструктивний устрій водогрійних та опалювальних котлів, теплогенераторів.*** *Конструктивний устрій водотрубних, жаротрубних, газотрубних водогрійних котлів. Гідродинаміка водогрійних котлів. Конденсаційні котли. Теплогенератори для спалювання цілих тюків соломи.* *Літературні джерела: [1, 3], [2] Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 25.*
26	***8. Організація експлуатації котельних установок.*** ***Тема 8.1 Організація експлуатації котельних установок.*** *Системи автоматичного управління котельних установок. Вимоги державних нормативних актів з охорони праці щодо конструктивного устрою, розробки конструкторської документації та виготовлення котлів, їх реконструкції та ремонту. Вимоги державних нормативних актів щодо розробки проектної документації для спорудження котелень, монтування*

	котлів, їх випробувань та здавання в експлуатацію. *Літературні джерела: [1, 5, 6], [2]Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 26.*
27	***Тема 8.2 Державний нагляд за експлуатацією котельних установок.*** *Вимоги державних нормативних актів щодо реєстрації котлів, опосвідчення, періодичних оглядів та випробувань, вимоги до обслуговуючого персоналу. Особливості організації експлуатації опалювальних котлів та теплогенераторів.* *Літературні джерела: [1, 5, 6], [2]Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лекція 27.*

Практичні заняття

№ з/п	*Назва теми заняття та перелік основних питань*
1	***Тема 2.1. Джерела теплоти для парогенераторів. Енергетичне паливо*** ***Тема 2.2. Матеріальні баланси процесів горіння.*** ***Завдання на заняття:*** *Перерахунок теплоти згорання палива за даними про фактичний вміст вологи та золи. Розрахунок фактичного значення коефіцієнту надлишку повітря за даними про хімічний склад продуктів згорання.* ***Завдання СРС****: опрацювати матеріали практичного заняття 1, вивчити розглянуті питання за конспектом лекцій та літературою, виконати першу частину ДПЗ-1.* *Літературні джерела: [1] ; дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»: лекції 1, 2, 3, 4; матеріали до практичного заняття 1.*
2	***Тема 2.2 Матеріальні баланси процесів горіння.*** ***Завдання на заняття:*** *Розрахунок об'ємів повітря для горіння палива, об'єму та складу продуктів згорання. Розрахунок ентальпії продуктів згорання палива.* *Завдання на СРС: опрацювати матеріали практичного заняття 2, вивчити розглянуте питання за конспектом та літературою. Виконати другу частину ДПЗ-1.* *Літературні джерела: [1], дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»: лекції 4, 6, 7; матеріали до практичного заняття 2.*
3	***Тема 3.1 Тепловий баланс котельного агрегату*** ***Завдання на заняття****: Розрахунок втрат теплоти з відхідними продуктами згорання. Розрахунок втрат енергії палива через хімічну неповноту згорання за даними хімічного аналізу продуктів згорання.* *Завдання на СРС: опрацювати матеріали практичного заняття 3, вивчити розглянуте питання за конспектом лекцій та літературою.* *Літературні джерела: [1], дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»: лекції 4, 6, 7; матеріали до практичного заняття 3.*
4	***Тема 3.1 Тепловий баланс котельного агрегату*** ***Завдання на заняття:*** *Розрахунок втрат енергії палива через механічну неповноту згорання на основі лабораторного аналізу зольного залишку. Визначення втрат енергії через охолодження зовнішніх поверхонь котла.* *Завдання на СРС: опрацювати матеріали практичного заняття 4, вивчити питання за конспектом лекцій, розв'язати задачі ДПЗ-2.* *Літературні джерела: [1], дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»: лекції 4, 6, 7; матеріали до практичного заняття 4.*
5	***Тема 3.1 Тепловий баланс котельного агрегату*** ***Завдання на заняття:*** *Складання теплового балансу котельного агрегату за прямим та зворотним методом. Розрахункове визначення експлуатаційного коефіцієнта корисної дії котельного агрегату. Розрахунок годинної витрати палива. Розрахунок питомої витрати палива на виробництва теплової енергії.* *Завдання на СРС: опрацювати матеріали практичного заняття 5, вивчити питання за конспектом лекцій.* *Літературні джерела: [1], дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»: лекції 4, 6, 7; матеріали до практичного заняття 5.*

Лабораторні роботи

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи
1	***Лабораторна робота №1. Експериментальне визначення густини часток деревини, деревних та солом'яних гранул*** ***Мета роботи*** *– Ознайомлення з устроєм демонстраційного водогрійного котла на кафедрі. Відбір зразків палива та зольного залишку для виконання лабораторних робіт. Вивчення методів відбору проб, підготовки часток палива до дослідження, вивчення методики експериментального визначення густини часток палива, отримання навичок у виконанні експериментальних робіт з визначення густини часток палива.* ***Завдання роботи*** *- відбір проб, підготовка зразків палива, експериментальне визначення густини часток деревини, деревних та солом'яних гранул.* ***Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:*** *1. При підготовці до заняття вивчити методичні вказівки до виконання лабораторної роботи, заготовити таблиці для запису результатів вимірювань. 2. Підготовити зразки гранул для досліджень. З партії гранул відбирають бездефектні частки, що мають правильну геометричну форму. Нерівні краї гранул відрізають гострим лезом перпендикулярно до осі гранули. Зрізи шліфують до отримання рівної поверхні. Готують не менше 5 гранул кожного виду. 3. З прямих гілок вербового хмизу вирізати зразки довжиною 80-100 мм. Готують по 5 зразків з вологих гілок та сухих гілок. 4. Визначити геометричні розміри гранул та зразків деревини за допомогою штангенциркуля. Для кожної гранули та частки деревини виконують 8 вимірювань: - 2 вимірювання довжини зі зміщенням на кут 90^o, 6 вимірювань зовнішнього діаметра - двічі зі зміщення на 90^o з обох кінців та посередині. 4. Зважити кожен зразок на лабораторних вагах з роздільною здатністю 0,001 г. 5. Розрахувати об'єм кожної гранул. 6. Розрахувати густину кожної з гранул та часток деревини. 7. Обчислити середні арифметичні значення гранул та часток деревини. 8. По одному зразку гранул та часток деревини помістити у склянку з водою, спостерігати поведінку часток протягом 10 хвилин. 9. Отримані результати вимірювань та спостережень занести у таблицю. 10.Оформити звіт про виконання лабораторної роботи.* ***Література:*** *1. ДСТУ-П CEN/TS 15150:2012 Біопаливо тверде. Методи визначання щільності часток. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013 – 8с.* *2. Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лабораторна робота 1.* *3. Паспорт лабораторії* https://vde.kpi.ua/wp-content/uploads/2022/06/lab_passport_317.pdf
2	***Лабораторна робота №2. Експериментальне визначення насипної маси паливної тріски, деревних та солом'яних гранул*** ***Мета роботи*** *– вивчення методів відбору проб, підготовки зразків до дослідження, вивчення методики експериментального визначення насипної маси реальних твердих біопалив, отримання навичок у виконанні експериментальних робіт з визначення насипної маси палив.* ***Завдання роботи*** *- експериментально визначити насипну масу паливної тріски, деревних та солом'яних гранул* ***Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:*** *1. При підготовці до заняття вивчити методичні вказівки до виконання лабораторної роботи, заготовити таблиці для запису результатів вимірювань.* *2. Підготувати зразки палива: з промислової партії гранул у стані постачання відбирають збірну пробу і методом квартування скорочують її до маси 2 кг; з промислової партії сухої деревної тріски у стані постачання відбирають збірну пробу і методом квартування скорочують її до маси 1 кг; з промислової партії вологої деревної*

	тріски у стані постачання відбирають збірну пробу і методом квартування скорочують її до маси 1 кг. Підготовлені проби зберігають у щільних поліетиленових пакетах. 3. Визначити масу випробувального контейнера. Контейнер очищають, промивають та висушують у сушильній шафі при 105^{o}С. Порожній, чистий і сухий контейнер зважують на вагах з роздільною здатністю 1г. 4. Визначити об'єм випробувального контейнера. Контейнер наповнюють водою по вінця і зважують. Температура води має становити 10-20оС. Розраховують об'єм контейнера виходячи з чистої ваги води та її густини 1 кг/дм^3 і результат записують з точністю до 0,000001 м^3. (Залежність густини води від температури не враховують). Контейнер висушити в сушильній шафі. 5. Наповнити контейнер досліджуваним паливом вище вінця на 30-50мм з максимально можливою висотою конуса. Наповнений контейнер струшують і дають можливість матеріалу проби осісти. Струшування здійснюють застосовуючи вільне падіння контейнера з висоти 150мм на дерев'яну плиту, розташовану на горизонтальній поверхні. Повторюють струшування більше ніж два рази. Вільний об'єм, що виник у контейнері, заповнюють пробою палива. Надлишок проби над краями контейнера видаляють дерев'яним бруском протягуючи його коливальним рухом над верхнім краєм контейнера - віднівельовують. Зважити контейнер з віднівельованою поверхнею проби палива. Вимірювання повторюють неменше двох разів. 7. Обчислити насипну масу зразків палива. Кожний окремий результат визначення насипної маси визначають з точністю 0,1 кг/м3, а середнє значення визначеної насипної маси палива округлюють з градацією 10 кг/м3. 8. Отримані дані занести в таблицю. 9. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи. ***Література:*** *1. ДСТУ-П CEN/TS 15103:2012 Біопаливо тверде. Методи визначання насипної щільності. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013 – 4с.* *2. Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лабораторна робота 2.* *3. Паспорт лабораторії* https://vde.kpi.ua/wp-content/uploads/2022/06/lab_passport_317.pdf
3	***Лабораторна робота №3. Експериментальне визначення вмісту вологи у твердих біопаливах.*** ***Мета роботи** – вивчення методів відбору проб, підготовки проб до дослідження, вивчення методики експериментального визначення вмісту вологи в реальних твердих біопаливах, отримання навичок у виконанні експериментальних робіт з визначення вмісту вологи в твердих біопаливах.* ***Завдання роботи** - Експериментальне визначення вмісту вологи у твердих біопаливах сухій та вологій деревній тріски, деревних та солом'яних гранулах, зольному залишку від спалювання деревних гранул.* ***Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:*** *1. При підготовці до заняття вивчити методичні вказівки до виконання лабораторної роботи, заготовити таблиці для запису спостережень та результатів вимірювань. 2. Перед виконанням роботи зробити зовнішній огляд обладнання, що застосовується при виконанні лабораторної роботи. 3. Суть методу: пробу палива висушують за температури 105оС до досягнення постійного значення її маси і за втратою маси у пробі обчислюють у відсотковому відношенні вміст вологи. 4. Увімкнути сушильну шафу та виставити температуру нагріву 105±2^{o}С. 5. Вимити та висушити лабораторні тиглі або лотки. Зважити лотки на вагах з роздільною здатністю 0,01 г. 6. Підготувати проби палив. З промислової партії палива у стані постачання відбирають збірну пробу і методом квартування скорочують до маси лабораторної проби (наприклад 1 кг) та поміщають для зберігання в герметичні водо- та повітронепроникні контейнери або пакети. За стандартом для виконання аналізу з лабораторної проби беруть пробу на аналіз масою 300-500 г. Для палива з великими*

	частками (понад 100мм) масу проби для аналізу має бути 1-2 кг. Через обмеженість у часі лабораторну роботу виконують з висушуванням невеличких наважок дрібного палива до 10 г. 7. Пробу палива перенести із контейнера до тигля, розподіляючи її рівномірно по площі поверхні, приблизно 1 г на 1 см^2 дна тигля. 8. Зважити тигель із пробою вологого палива. 9. Тигель із пробою палива помістити у сушильну шафу розігріту до температури (105±2) °С. 10. Через 1 годину тигель з висушеним паливом зважити на вагах. Тигель з пробою знову помістити у сушильну шафу. Через годину зважування повторити. Якщо зміна маси між двома послідовними зважуваннями через 1 годину не перевищує 0,2% від загальної втрати маси, то вважають що досягнута постійна маса висушеного палива. 11. Обчислити вміст загальної вологи у відсотках від маси палива у стані постачання та у відсотках від маси сухого палива. 12. Результати вимірювань та розрахунків вмісту вологи заносити у таблицю. 13. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи. 14. Результати лабораторної роботи використати на практичних заняттях для обчислення складу досліджених палив та розрахункового визначення їх теплоти згорання, при складанні енергетичного балансу водогрійного котла. ***Література:*** *1. ДСТУ-П CEN/TS 14774-1:2012 Біопаливо тверде. Методи визначання вмісту вологи висушуванням у сушильній шафі. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013 – 4с.* *2. Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори», лабораторна робота 3.* *3. Паспорт лабораторії* https://vde.kpi.ua/wp-content/uploads/2022/06/lab_passport_317.pdf
4	***Лабораторна робота №4. Експериментальне визначення вмісту золи у твердих біопаливах.*** ***Мета роботи*** *– вивчення методів відбору проб, підготовки аналітичних проб до дослідження, вивчення методики експериментального визначення вмісту золи в аналітичних пробах реальних твердих біопалив, отримання навичок у виконанні експериментальних робіт з визначення вмісту золи в твердих біопаливах.* ***Завдання роботи*** *-* експериментально визначити вміст золи у твердих біопаливах *сухій та вологій деревній тріски, деревних та солом'яних гранулах, зольному залишку від спалювання гранул у опалювальному котлі.* ***Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:*** *1. При підготовці до заняття вивчити методичні вказівки до виконання лабораторної роботи, заготовити таблиці для запису спостережень та результатів вимірювань. 2. Перед виконанням роботи зробити зовнішній огляд лабораторного обладнання, впевнитися у його цілісності та справності. 3. Суть методу - вміст золи обчислюють визначаючи масу залишку після нагрівання проби твердого біопалива за регульованої температури (550±10)оС в повітряному середовищі. 4. Приладдя. Використовуються тиглі з інертного матеріалу, такого як порцеляна, кварц або платина, і таких розмірів, щоб наважка проби палива на площу їхнього дна не перевищувала 0,1 г/см^2. (Через відсутність вказаних тиглів при виконанні лабораторної роботи застосовуються тиглі із жаростійкої нержавіючої сталі.) 5. Піч муфельна повинна забезпечувати створення зони з постійною температурою 550оС. 6. Аналітичні ваги мають забезпечувати зважування тигля з пробою з похибкою 0,1 мг. (Через відсутність аналітичних ваг застосовуються ювелірні ваги з роздільною здатністю 10мг). 7. Готування проби палива. Для визначення вмісту золи використовувати пробу палива з подрібненням до часток менше 0,25 …. 1 мм. 8. Увімкнути сушильну шафу та виставити температуру 105оС. 9. Увімкнути муфельну піч та виставити температуру (550±10)оС. 10. Чистий тигель нагріти у сушильній шафі протягом 60 хвилин. Дати тиглю остигнути на термостійкій підставці протягом 5-10 хв. і перенести у ексикатор для охолодження до кімнатної*

	температури. Після охолодження тигель зважити і записати масу тигля. 11. Від подрібненої проби відбирають 1-2 г та рівномірно розподіляють по дну тигля рівним шаром. Зважують тигель разом із пробою і записують масу тигля з пробою вологого палива. 12. Тигель з пробою висушити до постійної маси у сушильній шафі при температурі 105оС Зважити і записати масу тигля з сухим паливом. 13. Тигель з сухим паливом встановити у холодну муфельну піч, увімкнути піч, піч разом з пробою нагрівають за встановленим графіком. 14. Вийняти тигель разом з його вмістом з печі, остудити тигель з вмістом у ексикаторі, зважити. 15. Дослід з визначення вмісту золи в паливі проводять щонайменше двократно. Досліди можна проводити паралельно. 16. Обчислити вміст золи на масу сухого палива. Результати вимірювань та обчислень занести у таблицю. 13. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи. 14. За результатами лабораторних робіт обчислити теплоту згорання деревних гранул. ***Література:*** *1. ДСТУ-П CEN/TS 14775:2012 Біопаливо тверде. Методи визначання вмісту золи. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013 – 4с.* *2. Дистанційний курс «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори Тепломасообмін», лабораторна робота 4.* *3. Паспорт лабораторії* https://vde.kpi.ua/wp-content/uploads/2022/06/lab_passport_317.pdf

6. Самостійна робота студента

№з/п	*Вид самостійної роботи*	*Кількість годин СРС*
1	*Опрацювання лекційного матеріалу*	*14*
2	*Підготовка до МКР*	*4*
3	*Розв'язання задач домашніх практичних завдань*	*14*
4	*Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, оформлення звітів*	*10*
5	*Підготовка до заліку*	*6*
	Разом	*48*

14. Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правилом відвідування занять не передбачено оцінка присутності або відсутності здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нарахування заохочувальних або штрафних балів. Виконання та захист лабораторних робіт, виконання домашніх практичних завдань з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- *студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації в інтернеті та дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента. В умовах дистанційного навчання захист лабораторних робіт може здійснюватися складанням тесту за змістом ЛР;*
- *правила захисту індивідуальних практичних завдань: захист домашнього практичного завдання з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами його перевірки (за умови дотримання календарного плану його виконання);*

- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» https://kpi.ua/files/honorcode.pdf встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соціальних мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

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

***Поточний контроль**: експрес-опитування та розв'язання задач на практичних заняттях, виконання домашніх практичних завдань, модульні контрольні роботи (МКР), виконання та захист лабораторних робіт.*

***Календарний контроль**: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.*

***Семестровий контроль**: залік*

***Умови допуску до семестрового контролю**: здавання домашніх практичних завдань, виконання усіх лабораторних робіт, семестровий стартовий рейтинг Rs=30 і більше 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 отримано Rл і $R_{ДПЗ}$ $R_S=R_M + Rпр + R_{ДПЗ} + Rл$ <30 балів	*Не допущено*

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- *виконання тестів аудиторних модульних контрольних робіт (R_M);*
- *експрес-опитування та розв'язання задач на практичних заняттях (Rпр);*
- *розв'язання задач домашніх практичних завдань ($R_{ДПЗ}$)*
- *виконання та захист чотирьох лабораторних робіт (Rл);*

МКР (R_M)	*Експрес-опитування на*	*Домашні практичні*	*Лабораторні роботи*	*Rz*

	практичних заняттях ($R_{пр}$)	завдання $R_{ДПЗ}$	($R_л$)	
20	10	50	20	100

15. Модульні (аудиторні) контрольні роботи (МКР)

Модульний контроль здійснюється частинами у два етапи. Напередодні першого календарного контролю проводиться перша частина МКР-1 та напередодні другого календарного контролю друга частина МКР-2 у формі тестів. Ваговий бал однієї частини МКР – 10 балів.

*Максимальна кількість балів за виконання 2 частин МКР – 10*2=20 балів.*

Критерії оцінювання

- повне, вірне та вчасне виконання – 10 балів;
- при неповному виконанні завдань бали нараховуються пропорційними до частки вірних результатів по відношенню до загального їх числа у даному завданні.

Робота на практичних заняттях

На практичних заняттях здійснюється розв'язування практичних задач та експрес-опитування - задаються запитання про основні визначення, формулювання законів, одиниці виміру величин за темою задачі, що розв'язується. Відповідь на таке запитання потребує не більше 1 хвилини. На одному практичному занятті здійснюється опитування 8 - 10 студентів, за семестр студентів опитують по 2 рази.

*Ваговий бал одного опитування або розв'язання задач становить 5. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях Rпр: 5балів * 2 опитування = 10 балів.*

Критерії оцінювання

- Самостійне розв'язання задачі, правильна відповідь на запитання – 5 балів,
- Самостійне розв'язання задачі, неточна відповідь на запитання – 4 бали,
- Розв'язання задачі з допомогою викладача, неточна відповідь на запитання – 3 бали,
- Розв'язання задачі з допомогою викладача, невірна відповідь на запитання – 1 -2 бали,
- Відповідь невірна або не по суті, зволікання з розв'язуванням задачі - 0 балів.

Домашні практичні завдання (ДПЗ)

*Згідно з навчальною програмою кожен студент самостійно виконує два домашніх практичних завдання які охоплюють основні розділи дисципліни. Ваговий бал одного завдання – 25 балів. Максимальна кількість балів за виконання ДПЗ – 25*2=50.*

Критерії оцінювання

- повне, вірне та вчасне виконання – 25 балів;
- при неповному виконанні завдань бали нараховуються пропорційними до частки вірних результатів по відношенню до загального їх числа у даному завданні;
- невірні результати, що отримані внаслідок математичних помилок але за правильно вибраними залежностями та даними, зараховуються з понижувальним коефіцієнтом 0,5;
- невірні результати, що отримані внаслідок неправильного вибору залежностей, довідкових даних або відступу від застосування одиниць вимірювання в СІ – 0 балів;
- на виконання кожного ДПЗ відводять 2 тижні з моменту видачі завдання.

16. Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал однієї лабораторної роботи становить 5 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи Rл дорівнює 5 балів х 4 роботи = 20 балів.

Критерії оцінювання

-повне виконання експериментальної частини роботи, вірна обробка експериментальних даних, належне оформлення протоколу, повна відповідь при захисті роботи – 5 балів;

-повне виконання експериментальної частини роботи, вірна обробка експериментальних даних, неналежне оформлення протоколу і неповна відповідь при захисті роботи – 4 бали;

-повне виконання експериментальної частини роботи, обробка експериментальних даних з незначними помилками, неналежне оформлення протоколу, неповна чи неточна відповідь при захисті роботи – 3 бали;

-помилки в отриманих експериментальних даних, помилки в обробці експериментальних даних, неналежне оформлення протоколу, неповна чи неточна відповідь при захисті роботи – 1-2 бали.

17. Складання заліку

*До заліку допускаються студенти, що виконали та захистили всі лабораторні роботи, виконали всі домашні практичні завдання та набрали 30 і більше балів. Заліковий білет містить п'ять питань. Максимальний рейтинг заліку становить: Rz =5 питань*20 балів/питання = 100 балів.*

Критерії оцінювання відповідей на заліку

Рейтинг заліку за одне питання Rz=19...20: *Студент дав вичерпні відповіді на питання (при необхідності і додаткові), дає визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.*

Рейтинг заліку за одне питання Rz=16..18: *Відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів у котельній установці.*

Рейтинг заліку за одне питання Rz=10...15: *Студент частково відповідає на залікове питання, недостатньо розуміє фізичну суть процесів у котельній установці, відповіді непослідовні і нечіткі.*

Рейтинг заліку за одне питання Rz =9 і менше балів: *У відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів у котельній установці, не може виправити помилки за допомогою викладача, відповіді некоректні або не відповідають суті поставленого запитання.*

Остаточний рейтинг студента складає суму балів, отриманих за виконання всіх завдань передбачених РСО, або за виконання залікового завдання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік запитань, які виносяться на семестровий контроль (залік)

1. *Види парогенераторів в енергетичних установках. Визначення парового котла, визначення водогрійного котла.*
2. *Принципові схеми конденсаційних електричних станцій блочних та з поперечними зв'язками.*
3. *Принципові схеми промислових теплоелектроцентралей з турбінами з протитиском та з проміжним відбором пари.*
4. *Принципова схема промислової котельні.*
5. *Загальна технологічна схема котельної установки на твердому паливі. Основне та допоміжне обладнання котельної установки.*
6. *Принципова схема парогенератора на твердому паливі.*
7. *Енергетичне паливо – визначення та класифікація.*
8. *Походження твердих викопних палив – гумоліти та сапропеліти. Стадії утворення.*
9. *Походження нафти та її компонентний склад.*
10. *Походження природного газу, види природних газів.*
11. *Елементний склад твердого та рідкого палива на робочу, аналітичну, суху та горючу масу.*
12. *Формули перерахунку складу твердого палива при зміні вмісту вологи та золи. Баласт твердого палива – внутрішній та зовнішній.*
13. *Теплота згорання палива, вища та нижча теплота згорання твердого та рідкого палива. Об'ємна теплота згорання газового палива.*
14. *Зольність палива. Мінеральні речовини палива та їх перетворювання при спалюванні палива. Поведінка золи при нагріванні.*
15. *Вологовміст палива. Види вологи, вміст вологи різних видів у паливах. Вплив вологи на роботу котельних установок.*
16. *Вміст сірки в паливах. Узагальнюючі характеристики палив.*
17. *Вихід летких речовин з палива. Характеристики коксового залишку твердих палив. Класифікація марок вугілля за вмістом летких та розміром кусків.*
18. *Характеристики мазуту: в'язкість, густина, температура спалаху та займання. Марки мазуту за вмістом сірки.*
19. *Характеристики природного газу – густина, вибуховість, концентраційні межі займання, токсичність компонентів газового палива. Одоризація природного газу.*
20. *Хімічні реакції горіння компонентів палива. Продукти повного та неповного горіння.*
21. *Теоретично необхідний об'єм повітря для спалювання твердих та рідких палив.*
22. *Горіння газового палива. Теоретично необхідний об'єм повітря для спалювання газового палива.*
23. *Коефіцієнт надлишку повітря. Коефіцієнт надлишку повітря при спалюванні різних палив. Присоси повітря у газовий тракт котла.*
24. *Склад та об'єм продуктів згорання твердого та рідкого палива. Теоретичні об'єми газів при $\alpha = 1$. Дійсні об'єми газів при надлишку повітря $\alpha > 1$.*
25. *Розрахунок коефіцієнта надлишку повітря за складом продуктів згорання.*
26. *Ентальпія продуктів згорання палива.*
27. *Загальне рівняння теплового балансу парогенератора, складові привхідної частини теплового балансу.*
28. *Загальне рівняння теплового балансу парогенератора, складові витратної частини теплового балансу.*
29. *Корисно використана теплота в парогенераторі, котлі.*
30. *Втрата теплоти з відхідними димовими газами.*
31. *Втрати теплоти через хімічну неповноту згорання палива.*
32. *Втрата теплоти через механічну неповноту згорання палива.*

33. *Втрата теплоти через зовнішнє охолодження поверхонь котла (обмурівки, обшивки). Втрата теплоти з фізичною теплотою шлаку.*
34. *Визначення коефіцієнт корисної дії котла за прямим та зворотним тепловим балансом. Витрата палива в котлі.*
35. *Хімічні реакції при горінні палива, гомогенні та гетерогенні реакції, екзотермічні та ендотермічні, оборотні хімічні реакції.*
36. *Швидкість гомогенних та гетерогенних хімічних реакцій горіння палива. Закон діючих мас. Закон Арреніуса. Енергія активації.*
37. *Принципи організації реагування палива з окислювачем*
38. *Особливості організації реагування газового палива з окислювачем.*
39. *Особливості організації реагування рідкого палива з окислювачем*
40. *Послідовність етапів горіння твердого палива:*
41. *Механізми реагування окислювача з поверхнею вуглецю в кінетичній, проміжній та дифузійній області.*
42. *Особливості стадії термічної підготовки реальних палив*
43. *Класифікація топкових пристроїв для спалювання палив.*
44. *Умови горіння кускового палива у щільному фільтруючому шарі.*
45. *Умови горіння часток палива в киплячому шарі*
46. *Умови горіння часток палива у прямоточному факелі.*
47. *Умови горіння часток палива у циклонному процесі.*
48. *Аналіз можливостей інтенсифікації горіння твердих палив*
49. *Основні вимоги до сучасних топкових пристроїв.*
50. *Основні технічні показники топкового пристрою.*
51. *Умови спалювання газового палива*
52. *Три принципи організації спалювання газового палива.*
53. *Розповсюдження полум'я в підготовленій газоповітряній суміші*
54. *Поширення полум'я у ламінарному потоці підготовленої суміші*
55. *Дифузійне полум'я при горінні газового палива.*
56. *Стійкість горіння газового факела*
57. *Способи стабілізації полум'я газового палива*
58. *Класифікація пальників для газового палива*
59. *Спалювання газів з низькою теплотою згорання – доменного та генераторного.*
60. *Спалювання газів з високою теплотою згорання – коксовий, піролізний, природний;*
61. *Спалювання біогазу разом з природним газом.*
62. *Етапи спалювання рідкого палива.*
63. *Форсунки для розпилювання рідкого палива*
64. *Особливості спалювання горючих біоридин.*
65. *Топкові камери для спалювання газу та мазуту*
66. *Класифікація шарових топок для спалювання твердого палива*
67. *Горіння кускового палива в стаціонарному шарі з зустрічним рухом повітря та палива, колосникові решітки, основні характеристики процесу.*
68. *Спалювання кускового палива в зажатому шарі з паралельним рухом повітря та палива*
69. *Двостадійне горіння кускового палива на решітці з паралельними рухом повітря*
70. *Механізована подача кускового палива на колосникову решітку*
71. *Колосникові решітки з механізацією шурування та переміщення палива і шлаку*
72. *Механічні шарові топки з ланцюговими решітками*
73. *Факельно-шарова топка з колосниковою решіткою зворотного ходу*
74. *Механічні шарові топки з похилими перештовхувальними решітками*
75. *Конструктивний устрій топок з похилими перештовхувальними решітками при спалюванні подрібнених деревних палив.*

76. *Механічні топки з нижньою подачею палива та нерухомою решіткою - ретортні топки.*
77. *Ретортні топки для спалювання деревних гранул в котлах потужність 6…50 кВт*
78. *Механічні топки з нижньою подачею палива та рухомою решіткою*
79. *Спалювання подрібненого палива в киплячому шарі.*
80. *Топки з бульбашковим киплячим шаром*
81. *Топки з циркулюючим киплячим шаром та з циркуляцією в межах топки*
82. *Особливості спалювання твердого палива в пиловидному стані. Основні схеми приготування паливного пилу.*
83. *Схеми систем приготування пилу: центральна, індивідуальна, індивідуальна з проміжним бункером*
84. *Схеми сушіння палива. Витрата енергії на сушіння палива.*
85. *Коефіцієнт розмелюваності палива, фракційний склад пилу.*
86. *Млини для подрібнення та розмелювання палива - принципи подрібнення; типи млинів*
87. *Спалювання вугільного пилу в топках, факел горіння вугільного пилу.*
88. *Вихорові пальники для спалювання вугільного пилу*
89. *Прямоточні щілинні та соплові пальники, пальники амбразури*
90. *Топки з гранульованим та рідким видаленням шлаку.*
91. *Циклонні та вихорові топки*
92. *Особливості теплообміну в елементах парогенераторів. Види та задачі розрахунків теплообміну в парогенераторі.*
93. *Теплообмін в топці та послідовність його розрахунку.*
94. *Теплообмін в конвективних поверхнях нагріву та порядок його виконання.*
95. *Організація руху води та пароводяної суміші в парогенераторах з природною циркуляцією, примусовою багаторазовою циркуляцією, прямоточних парогенераторах.*
96. *Класифікація парогенераторів за конструктивним устроєм та тиском пари.*
97. *Загальна характеристика парогенераторів горизонтально-циліндричних, жаротрубних, газотрубних, жаротрубно-газотрубних(димогарних)*
98. *Горизонтально та вертикально-водотрубні котли з природною циркуляцією. Двобарабанний вертикально-водотрубний котел низького тиску.*
99. *Однобарабанні вертикально водотрубні котли середнього тиску (40 бар) з природною циркуляцією типів БМ та БКЗ.*
100. *Гібридні водотрубно - газотрубні парові котли для спалювання біомаси.*
101. *Вертикальні водотрубні котли високого тиску. Парогенератор високого тиску ТП-230 Б*
102. *Прямоточні котли надвисокого та надкритичного тиску пари Рамзіна, Бенсона-Сіменса, Зульцера.*
103. *Вплив якості живильної води на надійність та економічність роботи парогенератора і турбіни. Показники якості води*
104. *Системи підготовки живильної води. Деаерація живильної води*
105. *Принципова схема хімічної очистки води*
106. *Пом'якшення води в катіонітових установках*
107. *Водний режим парогенератора та продувка парогенератора*
108. *Сепарація та промивання пари*
109. *Характерні параметри, що впливають на побудову теплової схеми парогенератора.*
110. *Теплова схема парогенератора середнього тиску зі спалюванням газу та мазуту*
111. *Теплова схема парогенератора високого тиску для факельного спалювання пиловидного твердого палива.*
112. *Принципова теплова схема котельні з паровими котлами*
113. *Принципова теплова схема генерування пари на сонячно-паливній електричній станції з параболо-циліндричними концентраторами*
114. *Екранні поверхні нагріву топки та їх конструктивний устрій.*
115. *Конструктивний устрій пароперегрівників.*

116. *Регулювання температури перегрітої пари. Пароохолоджувачі.*
117. *Водяні економайзери, їх конструктивний устрій та схеми включення.*
118. *Підігрівачі повітря рекуперативні та регенеративні, конструктивний устрій, захист від низькотемпературної корозії.*
119. *Арматура котла. Визначення та класифікація. Конструктивний устрій запобіжних клапанів та покажчика рівня води.*
120. *Вибухові клапани. Пристрої для очистка поверхонь нагріву від відкладів золи.*
121. *Каркас котла. Види та характеристика обмурівки котла.*
122. *Схеми газоповітряного тракту котлів.*
123. *Вибір вентилятора та димососа за витратою та напором. Конструкції вентиляторів та димососів. Димові труби котелень*
124. *Включення насосів при перекачуванні холодної та гарячої води. Насоси котелень та електричних станцій.*
125. *Забруднюючі речовини в продуктах згорання палив, нормування їх вмісту.*
126. *Первинні та вторинні заходи зменшення вмісту забруднюючих речовин в продуктах згорання палив.*
127. *Способи очистки димових газів від твердих часток. Інерційні та мокрі золовловлювачі.*
128. *Електростатичні фільтри. Тканинні фільтри.*
129. *Очистка продуктів згорання від оксидів сірки.*
130. *Очистка продуктів згорання від оксидів азоту.*
131. *Функції системи управління котельною установкою.*
132. *Визначення парового котла. Організаційні питання експлуатації парових котлів.*
133. *Підготовка та пуск котельної установки в роботу.*
134. *Обслуговування котельної установки під час роботи.*
135. *Порядок зупинки котельної установки. Аварійна зупинка.*
136. *Державний нагляд за парогенераторами. Реєстрація котла.*
137. *Технічне опосвідчення котла. Склад процедур опосвідчення. Періодичність опосвідчень.*
138. *Отримання дозволу на експлуатацію котла.*
139. *Вимоги до обслуговуючого персоналу котлів.*
140. *Вимоги до приміщень котелень. Вимоги до розміщення котлів у котельні.*
141. *Визначення водогрійного котла. Класифікація за призначенням та сферою застосування.*
142. *Державний нагляд за безпечною експлуатацією водогрійних котлів*
143. *Схема включення опалювальних котлів у відкриту систему опалення з природною циркуляцією.*
144. *Схема включення газового опалювального котла у закриту систему опалення з примусовою циркуляцією.*
145. *Схема включення опалювального котла на твердому паливі за EN303-5 у закриту систему опалення з примусовою циркуляцією.*
146. *Конструктивний устрій котлів водогрійних опалювальних t<115°C Q=100…4000 кВт.*
147. *Принципова схема опалювальної котельні з двома водогрійними котлами на біомасі.*
148. *Конструктивний устрій котлів водогрійних опалювально-виробничих (теплофікаційних) t=95…200°C Q=0,63 – 35 (209) МВт*
149. *Схема включення теплофікаційних та пікових водогрійних котлів у схемі теплопостачання від ТЕЦ*
150. *Основні функції паливного господарства котельні при використанні твердого, рідкого та газоподібного палив.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
***Складено** доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Жовміром М.М.*
***Ухвалено** кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)*
***Погоджено** Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)*