

**ПРОГРАМА**  
вступного іспиту зі спеціальності  
**144 «Теплоенергетика»**  
для вступників на навчання в аспірантурі

Програма визначає обсяг матеріалу, яким повинен володіти абітурієнт, що вступає на навчання за освітньо-науковою програмою підготовки доктора філософії за спеціальністю «Теплоенергетика».

В основу програми покладено такі базові дисципліни, що формують фахівця з теплоенергетики: «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Тепломасообмінні апарати промислових підприємств», «Теплові двигуни промислових підприємств», «Паливо, топки та котельні установки промислових підприємств», «Основи реконструкції та модернізації об'єктів теплоенергетики», «Дослідження і налагодження об'єктів теплоенергетики».

**1 .ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА.**

Термодинамічні системи, навколишнє середовище та взаємодія між ними. Перший закон термодинаміки, як форма закону зберігання і перетворення енергії. Поняття теплоємності. Залежність теплоємності від характеру термодинамічного процесу.

Другий закон термодинаміки. Цикл та теорема Карно. Формулювання другого закону термодинаміки. Термодинамічна рівновага.

Складні термодинамічні системи з фазовою та хімічною неоднорідністю. Основні термодинамічні процеси. Об'єм розрахунку термодинамічного процесу. Процеси: ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний, політропний.

Вологе повітря. Характеристики стану волого повітря. Абсолютна та відносна вологість повітря.

Ідеальна рідина. Основні закони гідростатики.

Теоретичний цикл паро-силової установки (ПСУ). Принципова схема ПСУ. Енергетичний баланс, ККД, потужність ефективності циклу ПСУ. Вторинний перегрів, термодинамічні основи теплофікації ТЕС. Регенеративний цикл ПСУ, розрахунки. Цикли холодильних машин. Методи зниження температури робочого тіла. Розрахунок детандерної, дросельної ХМ. Теплові помпи та теплові трансформатори.

## 2. ТЕПЛОМАСООБМІН.

Узагальнений закон Ньютона. Ньютонівські і неньютонівські рідини. Основні режими руху. Диференційні рівняння усередненого турбулентного руху (рівняння Рейнольдса).

Елементарні види переносу, їх механізм. Стаціонарні процеси подібності. Теплопровідність плоских, циліндричних, кульових одно- та багат шарових стінок при умовах першого и третього роду, теплопередача. Теплообмін при вільній конвекції при ламінарному русі і турбулентному русі у вертикальній стінці, горизонтальній трубі. Теплообмін при вимушеній ламінарній течії. Теплообмін при кипінні однокомпонентних рідин. Теплообмін випромінюванням. Основні закони теплового випромінювання. Теплообмін між двома вільно розташованими тілами. Аналогія між процесами дифузійного перенесення маси і теплоти.

Аналітичні методи розв'язування рівняння: метод розділення змінних, метод інтегральних перетворень, метод джерел.

Фізичні механізми дифузії у матеріалах. Атомна теорія дифузії. Залежність коефіцієнта дифузії від температури та інших фізичних параметрів. Особливості дифузії у твердих тілах, рідинах, газах. Перехресні процеси перенесення маси і теплоти. Теорія Онзагера. Коефіцієнти перехресних процесів. Явище термодифузії у газах і рідинах. Ефект Соре. Термоелектричні явища.

## 3. ТЕПЛОМАСООБМІННІ АПАРАТИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Гідравлічний режим роботи та опір теплообмінників з насадкою. Послідовність проектування змішувальних теплообмінників. Струменеві теплообмінні апарати. Тепломасообмінні установки систем вентиляції та кондиціонування повітря. Теплообмінні установки з електронагрівом. Методи електронагріву. Електричні нагрівачі опору. Розрахунок електронагрівачів. Індукційні нагрівачі. Класифікація і призначення теплообмінних апаратів. Випарювальні установки. Розчини та методи випарювання. Розрахунок та проектування багатоступеневих випарювальних установок. Ректифікаційні установки. Основні умови перегонки бінарних та багатокомпонентних сумішей. Принципові схеми компресійних, абсорбційних та пароежекторних холодильних установок. Установки для трансформації тепла. Класифікація, принцип роботи і галузі застосування. Сорбційні процеси та установки.

Загальні відомості про сорбційні процеси. Абсорбційні та адсорбційні процеси і установки.

#### 4. ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Паротурбінні установки - основи теплових процесів у парових турбінах. Регенеративний підігрів живильної води. Ефективність регенеративного підігріву. Змінний режим роботи одиночного ступеня та групи ступенів. Розподіл тисків і теплових перепадів в ступенях при змінному пропуску пари. Робота останнього ступеня конденсаційної турбіни при зміні пропуску та тиску відпрацьованої пари. Паралельна робота турбогенераторів. Турбіни для комбінованого виробітку тепла та електроенергії.

Конструкції та основні типи газових турбін (ГТУ). Класифікація ГТУ. ГТУ з регенерацією. Створення і розвиток парогазових і газопарових установок.

#### 5. ПАЛИВО, ТОПКИ ТА КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1. Конструкції котлів – котли парові та водяні, котли з природньою циркуляцією, прямотоківі котли. Матеріальний та тепловий баланс котлів. Особливості спалювання газу та газопальникові пристрої. Пристрої для спалювання твердого палива (шарові та пиловугільні печі). Особливості спалювання мазуту та мазутні форсунки. Якість твердого палива і основи експлуатації котлів. Основи теорії горіння. Система паливоподачі і її вплив на роботу теплової електричної станції. Способи підготовки твердого палива до спалювання. Перспективні схеми і способи спалювання низькосортних вугіль. Горіння вугільного пилу. Розрахунок пиловугільного факела. Особливості факельного способу спалювання низькосортних вугіль. Вплив якості твердого палива на роботу котла в нестационарних режимах. Залежність ККД котла від характеристик спалюваного твердого палива. Вплив температури гарячого повітря на економічність спалюваного твердого палива. Методи підвищення стійкості горіння твердого палива погіршеної якості. Надійність роботи внутрішніх поверхонь нагріву при цьому. Підвищення ефективності спалюваного низькосортного вугілля на діючому обладнанні. Розмелювання палива.

## 6. ОСНОВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ.

Реконструкція і модернізація: мета, основні задачі, особливості. Основні принципи реконструкції і модернізації ТЕЦ та ТЕС її ефективність. Паливне господарство. Золужелевидалення, очистка димових газів. Екологічні вимоги до теплових електричних станцій при їх роботі в сучасних умовах. Стан і перспективи розвитку обладнання теплових електричних станцій для спалювання палив погіршеної якості. Техніко-економічні показники теплової електричної станції для її змінного режиму роботи. Парогазові установки. Техніко-економічний розрахунок систем тепlopостачання. Сучасний стан та перспективи розвитку комбінованих енергоустановок. Аналіз схемних рішень когенераційних технологій для комунальної енергетики на базі газопоршневих двигунів. Використання вторинних енергетичних ресурсів. Приклади схем для використання ВЕР. Використання теплових вторинних енергоресурсів в системах тепlopостачання. Місцеві види палива і їх використання. Використання теплової геотермальної енергії для потреб теплозабезпечення.

## 7. ДОСЛІДЖЕННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ.

Застосування відносних показників для аналізу і підвищення ефективності використання енергообладнання. Оптимізація режимів енергетичних систем. Принципи системного підходу, застосування системного аналізу в теплоенергетиці.

Класифікація і організація випробувань парових і водогрійних котлів. Пусконаладжувальні роботи. Експлуатаційні випробування. Режимно-налагоджувальні роботи. Послідовність випробувань. Етапи випробувань. Підготовка до випробувань. Складання технічних і робочих програм. Налагодження і дослідження систем пилотприготування і їх обладнання. Загальні питання випробувань. Класифікація і організація випробувань паротурбінних установок. Перевірка гарантій заводу виготовлювача і визначення фактичних характеристик обладнання. Контроль стану обладнання під час експлуатації. Дослідження систем регулювання турбіни. Зняття статичної характеристики регулювання. Випробування із скидом навантаження. Налагодження і дослідження роботи конденсатора і деаератора. Теплотехнічні вимірювання при проведенні налагоджувальних і дослідницьких робіт. Обробка

результатів вимірювань. Приведення дослідних величин до проектних величин. Побудова графічних залежностей. Розробка висновків і рекомендацій по проведеній роботі.

## Перелік літератури

1. Теплова енергетика - нові виклики часу / За заг. редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. - Львів: НВФ "Українські технології", 2009. - 660 с.
2. Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Гут П.О., Лашковська Н.М. Об'єкти теплових електричних станцій. Режими роботи та експлуатації. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2007. – 256 с.
3. Янко П.І., Мисак Й.С. Режими експлуатації енергетичних котлів. - Львів: НВФ "Українські технології", 2004. - 272 с.
4. Коновалов С.В. Експлуатація котлів. – Вінниця: ПП. Балюк, 2007. – 216 с.
5. Теория тепломасообмена. Учебник для технических университетов и вузов. Под.ред. А.И.Леонтьева, 2 изд. М., 1997, 683с.
6. П.Л.Исаченко, В.П.Осипова, В.А.Сухомел. Теплопередача. М., Энергия, 1981, 426с.
7. Кутателадзе С.С. "Основы теории теплообмена". М., Энергия, 1976, 296с.
8. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. М., Энергия, 1976, 296с.
9. Справочник по теплообменникам: в 2 т. Пер. з англ., под. ред. Б.С. Петухова, В.К. Шикова. - М., Энергоатомиздат, 1987
10. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. - М., Наука, 1982, 472с.
11. Беляев М.М. Термодинамика. - К., Вища школа, 1987, 334с.
12. Кириллин В.А., Сычев В.В, Шейндлин А.Е., Техническая термодинамика, Энергоатомиздат, 1983, 416с.
13. Техническая термодинамика. (В.И. Крутов, С.И. Исаев, И.А. Кожинов и др.), М., Высшая школа, 1991, 384с.
14. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. 4 изд., М., Наука, 1975, 888с.
15. Лоицянский Л.Г., Механика жидкости и газов. Учебник для вузов., М., Наука, 1987, 840с.
16. Г.Шлихтинг., Теория пограничного слоя .1974, 712с.
17. Померанцев В.В., и др. Основы практической теории горения., - Л.: Энергия, 1973, 264с.
18. Хзмалян Д.М., Кавган Я.А. Теория горения и топочные устройства. - М., Энергия, 1976, 487с.

19. М.П.Ковалка Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах і фактах.- Київ: УЕЗ, 2000.-152с.
20. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю., Шидловский А.К., Яцкевич С.В Современное состояние угольных электростанций Украины и перспективы их развития.// Экотехнологии и ресурсосбережение. - 1996. - №3.- с. 3-8.
21. Островецкий Р.М., Гонобоблев А.С. Концептуальные вопросы обеспечения ТЭС Украины твердым топливом на период до 2010 года // энергетика и электрификация.-1998. №2-3.- с.2-8.
22. Решетняк А.А. Структурные сдвиги и прогнозная оценка топливной базы ТЭС Миненерго Украины// Труды научно-техн. Семинара “Стабилизационный потенциал использования угля в энергетике Украины”. – Ч. 1. – Киев: 1997.- с.27-36.
23. Карп И.Н., Шидловський А.К. Паливні проблеми енергетики // Матеріали Міжн. конф. “Енергетична безпека Європи. Погляд у ХХІ століття”. – Київ: УЕЗ, 2000. – с. 10.
24. Федоров В.І., Кучеренко І.П., Скляр П.Т. та ін. Довідник показників якості, обсягів видобутку вугілля та випуску продуктів збагачення у 2000р. – Луганськ: ТК. 92, 2000 – 51с.
25. Гелетій З.С., Розколупа А.І., Мисак Й.С., Кравець Т.Ю. Економічна ефективність використання низькоякісного твердого палива західного регіону України для виробництва електричної енергії // Вісник НУ “Львівська політехніка”. Львів: 1998. – с.5-6.
26. Исследование запасов шлама и угольной мелочи в Украине. Западный регион./ Заключительный отчет СдФ Инженери. 2002, - 132с.
27. Н.А. Борисов и др. Некоторые условия коммерческой целесообразности использования низкокачественных твердых топлив на ТЭС Украины. Энергетика и Электрификация №3, 2003 с. 5-9.
28. Майстренко О.Ю., Мальчевський І.А., Шляхи вдосконалення технологій спалювання вугілля в котлоагрегатах. Екотехнології і ресурсозбереження 2000 №4, с. 3-6.
29. Р.Б. Ахмедов, Л.М. Цирюльников Технология сжигания газа и мазута в парогенераторах.,”Недра” 1976, 271с.
30. А.А. Мадоян и др., Эффективное сжигание низкосортных углей в энергетических котлах. М.: Энергоатомиздат, 1991. – 200с.
31. Сидельковский Л.М., Юренил В.Н. Парогенераторы промышленных предприятий., М., Энергия, 1987.
32. Щегляев А.В. Паровые турбины, М., Энергия, 1976.

33. Трухний А.Д., Лосев С.М., Стационарные паровые турбины., под ред. Б.Н.Тояновского, Энергоиздат, 1981, 456с.
- 34.Черкасский В.М., Романова Т.М., Кауль Р.А., Насосы, компрессоры, вентиляторы., М., Энергия, 1968.
- 35.Щукин А.А. Промышленные печи и газовые хозяйства заводов., М., Энергия, 1973,232с.
- 36.Ключников А.Д. Теплотехническая оптимизация топливных печей , М., Энергия, 1974,443с.
- 37.Бакаластов А.М., Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. М., Энергия, 1970, 568.