

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Голова приймальної комісії

\_\_\_\_\_ Г.О. Оборський  
\_\_\_\_\_ 2018 р.

**ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ  
для вступу на навчання за третім (освітньо-науковим) рівнем доктора  
філософії у сфері вищої освіти зі спеціальності 144 – Теплоенергетика**

До програми вступного фахового випробування входять запитання з чотирьох фахових дисциплін: «Джерела і системи генерації теплоти», «Парові та газові турбіни», «Теплові електричні станції», «Енергозбереження».

**1. ДЖЕРЕЛА І СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ**

- 1.1. Класифікація органічного палива за походженням і агрегатним станом. Елементарний склад палива.
- 1.2. Основні види твердого палива, що застосовується в енергетиці. Особливості організації горіння палива в топках котлів
- 1.3. Основні складові твердого, рідкого і газоподібного палива.
- 1.4. Коефіцієнт витрати повітря по тракту котла. Оптимальне значення коефіцієнта витрати повітря в топковій камері. Які причини змушують підтримувати коефіцієнт надлишку повітря на рівні вище одиниці. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на теплові втрати  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$ .
- 1.5. Теплота згоряння твердого, рідкого і газоподібного палива та способи її визначення. У чому різниця між  $Q_p^H$  і  $Q_p^B$ ?
- 1.6. Послідовність фаз горіння палива.
- 1.7. Як впливають концентрація речовин, температура і тиск на швидкість хімічних реакцій?
- 1.8. Дифузійна і кінетична області горіння. Дифузний і кінетичний принципи сумішоутворення.
- 1.9. Втрати теплоти в котельно-топковому процесі.
- 1.10. Витрата палива і ККД парогенератора.
- 1.11. Особливості впливу теплопродуктивності котла на теплові втрати  $q_5$
- 1.12. Визначення оптимального коефіцієнту надлишку повітря.
- 1.13. Чинники вибору способу шлаковидалення.
- 1.14. Визначення оптимального значення температури відхідних газів за техніко-економічними показниками на вибір.

- 1.15. Теплообмін в конвективних поверхнях котла. Основні рівняння використовують в тепловому розрахунку конвективних поверхонь нагріву
- 1.16. Визначення теплосприйняття і температурного напору в елементах котла.
- 1.17. Як визначають ККД котла бруто по прямому і зворотному балансам?
- 1.18. Температура продуктів згорання на виході з топки і за парогенераторам (обмеження, вплив на надійність і безпеку роботи).
- 1.19. ККД бруто і ККД нетто, чим відрізняються.
- 1.20. Особливості спалювання палива в нерухомому і киплячому шарі.
- 1.21. Класифікація топкових пристроїв. Класифікація пиловугільних топок за формою факела.
- 1.22. Функції пальникових пристроїв. Типи пиловугільних пальників. Типи пальників для спалювання газу і мазуту
- 1.23. Поверхнево- та об'ємно охолоджувальні топки котлів. Порівняльний аналіз.
- 1.24. Особливості котельно-топкових систем з низькотемпературним киплячим шаром
- 1.25. Призначення безперервної і періодичної продувки котла
- 1.26. Керування водно-хімічним режимом парового котла.
- 1.27. Барабани і прямоточні котли. Порівняльний аналіз.
- 1.28. Принцип роботи контуру природної циркуляції.
- 1.29. Мета гідродинамічного розрахунку котла з природною і вимушеною циркуляцією.
- 1.30. Рушійний, корисний напори циркуляції
- 1.31. Кратність циркуляції при зміні навантаження котла й тиску.
- 1.32. Перевірка на відсутність застою та перекидання циркуляції
- 1.33. Методи отримання чистої пари. Вплив винесення вологи з парою із барабана котла на надійність роботи пароперегрівача
- 1.34. Організація процесу сепарації пара в котлах з природною і вимушеною циркуляцією
- 1.35. Типи пароперегрівачів. Зміна температури пари і продуктів згорання в пароперегрівачі.
- 1.36. Призначення ступеневого випаровування
- 1.37. Вибір схеми руху потоків пари і газів.
- 1.38. Типи економайзерів, переваги і недоліки
- 1.39. Типи підігрівачів повітря, їх переваги і недоліки. Вибір температури підігріву повітря і кількості підігрівачів. Боротьба з низькотемпературної корозією в підігрівачах повітря.
- 1.40. Способи інтенсифікації теплообміну в конвективних поверхнях котла. Вплив теплових процесів в котлах на довкілля.

## **2. ПАРОВІ ТА ГАЗОВІ ТУРБІНИ**

- 2.1. Принцип роботи парових та газових турбін. Області застосування парових і газових турбін
- 2.2. Система ККД турбоустановки, шляхи підвищення ККД турбоустановок.

- 2.3. Активний та реактивний ступінь турбіни. Реактивність ступеня турбіни.
- 2.4. Трикутники швидкостей турбінних профілів. Методика побудовання трикутників швидкостей. Внутрішня потужність ступеня.
- 2.5. Теоретичний та реальний процес розширення пари в турбінному ступені. Побудова процесів розширення пари (теоретичний і реальний) в активному та реактивному ступені в  $h-s$  діаграмі
- 2.6. Розрахунок висоти соплових і робочих лопаток
- 2.7. Внутрішні втрати турбінного ступеня.
- 2.8. Технічна робота на робочих лопатках.
- 2.9. Оптимальне відношення  $X_1$  в активному та реактивному ступені.
- 2.10. Коефіцієнт повернення теплоти та способи його визначення
- 2.11. Принцип розподілення перепаду ентальпій між ступенями турбіни і циліндра.
- 2.12. Призначення ступеня Баумана. Конструктивне виконання
- 2.13. Змінний режим роботи простого сопла. Діаграма Щегляєва та її практичне застосування
- 2.14. Розширення у косому зрізі сопла. Формула Бера, годограф швидкостей.
- 2.15. Змінний режим роботи сопла Лаваля.
- 2.16. Турбіни спеціальних конструкцій.
- 2.17. Системи паророзподілення.
- 2.18. Змінний режим роботи турбіни. Формула Флюгеля. Клонус Стодола
- 2.19. Методика розрахунку на згин робочих лопаток.
- 2.20. Методика розрахунку на розрив робочих лопаток постійної та змінної товщини
- 2.21. Методика розрахунку на міцність хвостовиків робочих лопаток.
- 2.22. Типи коливань робочих лопаток турбін.
- 2.23. Статична частота коливання одиночної турбінної лопатки.
- 2.24. Динамічна частота коливань турбінних лопаток
- 2.25. Діаграма Кембелла. Визначення запасу від резонансу для робочих лопаток турбін при різній кратності збудовань.
- 2.26. Логарифмічний декремент затухання коливань турбінних лопаток
- 2.27. Коливання пакетів лопаток турбін
- 2.28. Конструкція і розрахунок на міцність діафрагм турбін. Визначення максимального прогину діафрагм за методом Валя.
- 2.29. Конструкція дисків парових турбін великої потужності.
- 2.30. Методика розрахунку на міцність диска довільної форми.
- 2.31. Метод Даната для розрахунку на міцність дисків постійної товщини.
- 2.32. Розрахунок на міцність дисків Лаваля
- 2.33. Розрахунок барабанних роторів на міцність
- 2.34. Розрахунок нерівномірно нагрітих дисків за методом Штодда.
- 2.35. Характеристики міцності межа текучості, довготривалої міцності та межа повзучості.
- 2.36. Розрахунки на міцність валів турбін. Критичні числа обертів валів
- 2.37. Перевірка на коротке замикання в генераторі
- 2.38. Конструкція і розрахунки на міцність фланців парових турбін.

- Урахування релаксації напружень при розрахунках фланцевих з'єднань.  
2.39. Підшипники парових енергетичних турбін, особливості розрахунку  
2.40. Муфти парових та газових турбін, особливості розрахунку.

### **3. ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ**

- 3.1. Типи ТЕС, класифікація ТЕС за типом теплового двигуна, призначенням і параметрам пара  
3.2. Цикл Ренкіна і термодинамічні основи роботи КЕС  
3.3. ККД і питома витрата палива на КЕС  
3.4. Особливості роботи і показники ТЕЦ  
3.5. Вплив на економічність і вибір початкових параметрів пари на ТЕС  
3.6. Вплив на економічність і вибір початкового тиску на ТЕС  
3.7. Питома вироблення електроенергії на тепловому споживанні  
3.8. Вплив початкових і кінцевих параметрів на ефективність циклу. Спряжені параметри. Оптимальний вакуум.  
3.9. Призначення і термодинамічна сутність проміжного перегріву пари  
3.10. Способи виконання та вибір параметрів промперегріву на ТЕС і АЕС  
3.11. Термодинамічна сутність регенеративного підігріву живильної води на ТЕС.  
3.12. Розподіл підігріву води в групі ПВД з урахуванням індиферентної точки.  
3.13. Типи регенеративних підігрівачів, їх особливості  
3.14. Способи скидання дренажу поверхневих підігрівачів, призначення охолоджувачів дренажу  
3.15. Призначення охолоджувачів перегрітої пари, схеми їх включення  
3.16. Принцип роботи і типи деаераторів.  
3.17. Термічний спосіб підготовки додаткової води, способи включення випарників  
3.18. Принципові теплові схеми турбоустановок ТЕС.  
3.19. Призначення і розрахунок розширювача безперервної продувки.  
3.20. Схема відпуску пари ТЕЦ.  
3.21. Схеми підігріву мережної води на ТЕЦ, ступінчастий підігрів мережної води.  
3.22. Визначення витрати пари на турбоустановку з урахуванням регенеративного підігріву.  
3.23. Коефіцієнт теплофікації ТЕЦ, його вибір.  
3.24. Послідовність і мета розрахунку принципової теплової схеми.  
3.25. Удосконалення схеми регенеративного підігріву включенням охолоджувачів пари і дренажу.  
3.26. Визначення витрати пари на турбоустановку з урахуванням регенеративного підігріву.  
3.27. Схеми відведення дренажу в системі регенерації, їх порівняння.  
3.28. Вибір величини недогріву для груп ПВД і ПНД при розрахунку ПТС  
3.29. Графіки електричного і теплового споживання.

- 3.30. Класифікація електричних станцій
- 3.31. Розподіл підігріву води в групі ПВД з урахуванням індіферентної точки.
- 3.32. Класифікація АЕС. Одно- і двоконтурні схеми АЕС, економічні показники АЕС
- 3.33. Виносні охолоджувачі пари (схема Рікера і Віолена).
- 3.34. Розрахунок і вибір трубопроводів на ТЕС. Прийоми компенсації температурних розширень трубопроводів. Самокомпенсація.
- 3.35. Газотурбінні установки (найпростіша і з регенерацією, процес в h-s діаграмі).
- 3.36. Парогазові установки (схеми, процеси в h-s діаграмі)
- 3.37. Гідроелектростанції
- 3.38. Вітроенергетичні установки
- 3.39. Сонячні електростанції
- 3.40. Біогазові енергоустановки.

#### **4. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

- 4.1. Загальні положення методології енергозбереження у теплотехнологічних процесах та установках. Формулювання задачі енергозбереження
- 4.2. Методи енергозбереження (ізолювання високотемпературних поверхонь; удосконалення теплотехнологічних процесів; удосконалення установок; удосконалення систем генерації та споживання ПЕР; удосконалення систем комунально-житлового господарства)
- 4.3. Основи енергозбереження. Термодинамічні основи реалізації процесів в агрегатах, установках та системах.
- 4.4. Показники ефективності процесів, агрегатів, установок та систем та методи їх визначення.
- 4.5. Експлуатаційні, номінальні та гранично досяжні показники ефективності
- 4.6. Етапи енергозбереження, їх сутність, результати їх реалізації.
- 4.7. Класифікація видів енергозбереження та технічна сутність кожного виду.
- 4.8. Енергозбереження у теплотехнологічних процесах. Параметри ефективності.
- 4.9. Енергозбереження теплотехнологічних та енергетичних установках. Параметри ефективності.
- 4.10. Форми одержання та методи визначення результатів робіт з енергозбереження.
- 4.11. Явні результати робіт з енергозбереження. Методи визначення їх обсягів економії енергоресурсів.
- 4.12. Опосередковані результати робіт з енергозбереження. Методи визначення їх обсягів економії енергоресурсів.
- 4.13. Інструменти енергозбереження.
- 4.14. Система ККД;

- 4.15. Система показників ефективності процесів, установок і виробництв;
- 4.16. Система вимірювальних приладів;
- 4.17. Система методик визначення показників;
- 4.18. Система стандартів визначення енергоємності виробництв.
- 4.19. Структура витрат та втрат енергоресурсів та умови їх зменшення.
- 4.20. Втрати енергії у теплотехнологічних процесах та установках.
- 4.21. Витрати енергії у технологічних процесах та установках.
- 4.22. Вторинні енергоресурси (ВЕР) у промисловій теплоенергетиці. Сутність поняття.
- 4.23. Методи визначення обсягу ВЕР у системах та агрегатах.
- 4.24. Умови використання теплової енергії ВЕР у тепло технологічних та теплоенергетичних системах.
- 4.25. Основні напрями вирішення проблеми ефективного використання і економії для паливно-енергетичних ресурсів.
- 4.26. Класифікація вторинних енергоресурсів (ВЕР).
- 4.27. Оцінка енергетичного потенціалу ВЕР.
- 4.28. Шляхи раціоналізації використання ВЕР.
- 4.29. Умови використання теплоти ВЕР в теплових схемах промислових підприємств
- 4.30. Енергетична ефективність використання ВЕР (визначення економії палива при використанні горючих і теплових ВЕР).
- 4.31. Собівартість теплової та електричної енергії.
- 4.32. Методологія визначення собівартості високо температурної теплової енергії в установках її генерації (парових, водогрійних котельних, ТЕЦ);
- 4.33. Методологія визначення собівартості низькотемпературної теплової енергії в трансформаторах теплоти;
- 4.34. Методологія визначення собівартості низькотемпературної теплової енергії (холоду) в холодильних установках
- 4.35. Методологія визначення собівартості електричної енергії в установках її генерації (КЕС, ТЕЦ та альтернативних енергоустановках).
- 4.36. Як визначають економію ПЕР в удосконаленому об'єкті
- 4.37. Що є результатом реалізації проектів енергозбереження на промислових підприємствах
- 4.38. Вкажіть енергетичні недосконалості, наявність яких обумовлює перевитрату ПЕР для газотурбінної установки
- 4.39. Вкажіть енергетичні недосконалості, наявність яких обумовлює перевитрату ПЕР для ТЕЦ з турбоагрегатом на базі парової турбіни типу П
- 4.40. Визначити назви показників ефективності споживання ПЕР об'єктом до здійснення робіт з енергозбереження

## **КРИТЕРІЇ ОЦІНОК ДО ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ для вступу на навчання за третім (освітньо-науковим) рівнем доктора філософії у сфері вищої освіти зі спеціальності 144 – Теплоенергетика**

Вступне фахове випробування зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» передбачає перевірку знань, вмінь та навичок. Мінімальна кількість балів, яку може отримати абітурієнт дорівнює 100, максимальна – 200.

Білеті містять чотири питання рівної складності.

Знання вступника по окремих питаннях оцінюються так:

**0** балів – вступник не дав відповідь на питання або не має уявлення про об'єкт вивчення (питання).

**10** балів – вступник має уявлення про об'єкт вивчення, відтворює половину навчального матеріалу, може навести деякі елементарні основні визначення, виявляє здатність елементарно викласти думку з поставленого питання.

**15** балів – вступник правильно й логічно відтворює навчальний матеріал, знає основні та допоміжні визначення, їх зміст та може дати їм пояснення, може самостійно аналізувати, узагальнювати та робити висновки, вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження викладених думок. Але відповідь має деякі незначні неточності.

**25** балів – вступник володіє глибокими і міцними знаннями, застосовує отримані знання, вміє узагальнювати і систематизувати інформацію. Критично оцінює окремі нові факти і явища, ідеї, виявляє особисту позицію щодо них. Суттєвим моментом відповіді вступника повинен бути зв'язок теорії з практикою, вміння застосовувати теоретичні знання при описанні практичних ситуацій.

За правильні та повністю розкриті відповіді на кожне питання вступник отримує 25 балів. Якщо вступник відтворює половину навчального матеріалу та може навести деякі елементарні основні визначення на питання, то він отримує 10 балів. Якщо вступник не дав відповідь на питання або не має уявлення про об'єкт вивчення то він отримує 0 балів.

Суму отриманих вступником балів додають до 100. Якщо сума отриманих вступником балів є від'ємною, то вважається що вступник отримав 100 балів.

Голова предметної комісії

А.Є.Денисова