

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова  
МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТУРБІН

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
Проректор з науково-педагогічної роботи  
  
Слободян С.О.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Program of the Discipline**

**Кваліфікаційний екзамен**

**QUALIFICATION EXAM**

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни "Кваліфікаційний екзамен" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 "Електрична інженерія" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

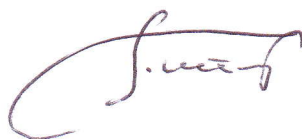
01 вересня 2020 року. – 15 с.

Розробник:

Патлайчук В.М., завідувач кафедри турбін, канд. техн. наук, доцент.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Кваліфікаційний екзамен" узгоджено з гарантом освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

Гарант освітньої програми  
канд. техн. наук, доцент

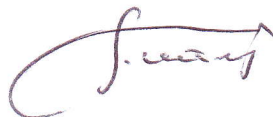


Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Кваліфікаційний екзамен" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 9 від «26» 05 2020р.

Завідувач кафедри

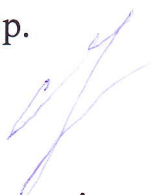


Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Кваліфікаційний екзамен" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 10 від «28» 05 2020р.

Голова



Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Кваліфікаційний екзамен" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Кваліфікаційний екзамен" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від «27» 08 2020р.

Голова НМР НУК



Трушляков Є.І.

## Зміст

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                     | 4  |
| 1. Опис освітнього компонента .....                             | 5  |
| 2. Загальні вимоги до складання кваліфікаційного екзамена ..... | 5  |
| 3. Навчальні теми, які виносяться на екзамен .....              | 6  |
| 4. Оцінювання результатів та критерії підсумкової оцінки .....  | 11 |
| 5. Рекомендована література .....                               | 13 |

## ВСТУП

### Анотація

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену (кваліфікаційний екзамен) проводиться з метою встановлення відповідності підготовки студентів вимогам освітньо-професійної програми «Газотурбінні установки і компресорні станції» спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" другого (магістерського) рівня вищої освіти.

В процесі кваліфікаційного екзамену здійснюється перевірка досягнутого випускниками рівня професійних знань, умінь та навичок, перевіряється формування у студентів програмних результатів навчання, загальних та фахових компетентностей.

Випускник має продемонструвати свою здатність до розв'язання складних задач і проблем енергетичного машинобудування, які пов'язані із використанням газотурбінних установок та компресорного обладнання і які передбачають проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов і вимог.

**Ключові слова:** кваліфікаційний екзамен, атестація, загальні компетентності, фахові компетентності, програмні результати навчання, рівень знань.

### Abstract

Qualification attestation in the form of an examination (qualification exam) is carried out in order to establish compliance with the requirements of the educational program "Gas turbine power plants and compressor stations" specialty 142 "Power Machinery" of the second (master's) level of higher education.

In the process of qualification examination the level of professional knowledge, skills and abilities achieved by graduates is checked, the formation of students' program learning outcomes, general and professional competencies is checked.

The graduate must demonstrate his / her ability to solve complex problems and problems of power engineering, which are related to the use of gas turbines and compressor equipment and which involve research and / or innovation and are characterized by uncertain conditions and requirements.

**Keywords:** qualification exam, certification, general competencies, professional competencies, program learning outcomes, level of knowledge.

## 1. Опис освітнього компонента

| Найменування показників                                   | Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень                                                          | Характеристика освітнього компонента |                       |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|                                                           |                                                                                                                          | Денна форма навчання                 | Заочна форма навчання |
| Кількість кредитів – 1                                    | Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"                                                                                  | Обов'язкова                          |                       |
| Модулів – 1                                               | Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування"<br><br>Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції" | <b>Рік підготовки:</b>               |                       |
| Змістових модулів – 1                                     |                                                                                                                          | 2-й                                  | 2-й                   |
| Електронний адрес РПНД на сайті Університету:             |                                                                                                                          | <b>Семестр:</b>                      |                       |
| Загальна кількість годин – 30                             |                                                                                                                          | 3-й                                  | 3-й                   |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 0. | Освітній рівень: другий (магістерський)                                                                                  | <b>Лекції</b>                        |                       |
|                                                           |                                                                                                                          | –                                    | –                     |
|                                                           |                                                                                                                          | <b>Практичні заняття</b>             |                       |
|                                                           |                                                                                                                          | –                                    | –                     |
|                                                           |                                                                                                                          | <b>Самостійна робота</b>             |                       |
|                                                           |                                                                                                                          | 30 год                               | 30 год                |
|                                                           |                                                                                                                          | <b>Індивідуальні завдання</b>        |                       |
|                                                           |                                                                                                                          | –                                    | –                     |
|                                                           |                                                                                                                          | <b>Вид контролю:</b> екзамен         |                       |
|                                                           |                                                                                                                          | <b>Форма контролю:</b> комбінована   |                       |

## 2. Загальні вимоги до складання кваліфікаційного екзамену

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену (кваліфікаційний екзамен) проводиться з метою встановлення відповідності підготовки студентів вимогам освітньо-професійної програми «Газотурбінні установки і компресорні станції» спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" другого (магістерського) рівня вищої освіти.

В процесі кваліфікаційного екзамену здійснюється перевірка досягнутого випускниками рівня професійних знань, умінь та навичок, перевіряється формування у студентів програмних результатів навчання, загальних та фахових компетентностей.

На кваліфікаційний екзамен виносяться навчальні теми з дисциплін:

- «Основи наукових досліджень»;
- «Теорія робочих процесів газотурбінних агрегатів»;
- «Технічна експлуатація устаткування компресорних станцій»;
- «Режими роботи та характеристики газотурбінних агрегатів»;
- «Технологічні схеми та комплектація компресорних станцій».

Екзаменаційні білети складаються з п'яти теоретичних питань з вищенаведених дисциплін.

Всі питання білетів мають фахове спрямування і вимагають від студентів уміння застосовувати на необхідному рівні інтегровані знання програмного матеріалу дисциплін. При виконанні практичних задач студентам дозволяється користуватися розрахунковою технікою, переносними комп'ютерами, а також довідниковою літературою.

В процесі екзамену випускник має продемонструвати свою здатність до розв'язання складних задач і проблем енергетичного машинобудування, які пов'язані із використанням газотурбінних установок та компресорного обладнання і які передбачають проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов і вимог.

Кваліфікаційний екзамен проводиться Атестаційною комісією після завершення навчання і повного виконання навчального плану за даною освітньою програмою.

### **3. Навчальні теми, які виносяться на екзамен**

#### **Частина 1. ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Тема 1.** Процес наукового дослідження, його характеристика та етапи проведення [4]. стор. 44-51, [5]. стор. 36-38.

**Тема 2.** Методи та техніка наукових досліджень [2]. стор. 20-30, [4]. стор. 77-87.

**Тема 3.** Методи досліджень на емпіричному та теоретичному рівнях [1].

стор. 108-127, [3]. стор. 70-84, [4]. стор. 87-95.

**Тема 4.** Параметри оптимізації і фактори в експерименті [3]. стор. 20-58, [5]. стор. 178.

**Тема 5.** Вибір моделі та типу планування. Повний і дробовий факторний експерименти [3]. стор. 69-113, [5]. стор. 179-183.

**Тема 6.** Планування експерименту при пошуку оптимальних умов. Планування другого порядку [3]. стор. 207-231, [5]. стор. 183-186.

**Тема 7.** Обробка результатів експерименту. Графічний і аналітичний аналіз даних [3]. стор. 237-254.

## **Частина 2. ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ГАЗОТУРБІННИХ АГРЕГАТІВ**

**Тема 1.** Зовнішні і внутрішні фактори, які впливають на показники ефективності й оптимальні параметри циклу і схеми ГТА [2]. стор. 167-189.

**Тема 2.** Одержання математичної моделі для параметричного аналізу циклу ГТА [2]. стор. 30-46.

**Тема 3.** Аналіз впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на оптимальні параметри, ККД і питому потужність циклу ГТА [2]. стор. 77-92.

**Тема 4.** Термодинамічні розрахунки циклу ГТА з регенерацією теплоти випускних газів [2]. стор. 47-68.

**Тема 5.** Термодинамічні розрахунки циклу ГТА з проміжним охолодженням повітря в процесі підвищення тиску [2]. стор. 125-146.

**Тема 6.** Термодинамічні розрахунки циклу ГТА з проміжним підігрівом газу в процесі розширення [2]. стор. 21-43.

**Тема 7.** Вибір параметрів циклу і схеми ГТА з пароводяним теплоутилізаційним контуром одного тиску [2] стор. 57-69.

**Тема 8.** Розрахунок циклу ГТА з пароводяним теплоутилізаційним контуром одного тиску [2]. стор. 70-89, 98-127.

**Тема 9.** Способи підвищення ефективності циклів та схем комбінованих ГТА [2]. стор. 47-68.

**Тема 10.** Схема та цикл ГТА з пароводяним теплоутилізаційним контуром двох тисків. Вибір параметрів циклу [1] стор. 125-146.

**Тема 11.** Тепловий розрахунок схеми ГТА з пароводяним теплоутилізаційним контуром двох тисків [2] стор. 21-43.

**Тема 12.** Схеми та цикли контактних ГТА з ТУК і впорскуванням пари в камеру згоряння двигуна [2] стор. 57-69.

**Тема 13.** Розрахунок циклу контактного ГТА з ТУК і впорскуванням пари в камеру згоряння двигуна [2] стор. 57-69.

**Тема 14.** Задачі і методи термогазодинамічних розрахунків багатоступінчастих турбін ГТА. Вихідні положення [1]. стор. 70-89, [2]. стор. 98-127.

**Тема 15.** Методи розподілу теплоперепаду по ступенях газової турбіни. Визначення основних геометричних характеристик проточної частини турбіни. Побудова ескізу проточної частини турбіни [1]. стор. 70-89, [2]. стор. 98-127.

### **Частина 3. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ**

**Тема 1.** Основні експлуатаційні характеристики газотурбінних агрегатів [1]. стор. 21-30, [4]. стор. 83-91.

**Тема 2.** Підготовка до дії та запуск газотурбінного агрегату [1]. стор. 31-45, [4]. стор. 91-100.

**Тема 3.** Обслуговування газотурбінного агрегату в процесі роботи [1]. стор. 91-115, [4]. стор. 100-103.

**Тема 4.** Особливості експлуатації газотурбінних агрегатів компресорних станцій. Зупинка газотурбінного агрегату [2]. стор. 146-161, [4]. стор. 100-110.

**Тема 5.** Експлуатація та обслуговування систем газотурбінних агрегатів компресорних станцій [1]. стор. 142-157, [4]. стор. 42-83, 110-111, [5]. стор. 4-43.

**Тема 6.** Перелік можливих несправностей газотурбінних агрегатів та їх причини [1]. стор. 158-169, [4]. стор. 111-114.

**Тема 7.** Підготовка та проведення ремонтних робіт [1]. стор. 170-188, [4]. стор. 114-121.

**Тема 8.** Основні положення техніки безпеки та пожежної безпеки при експлуатації устаткування компресорних цехів [3]. стор. 3-72.

#### **Частина 4. РЕЖИМИ РОБОТИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОТУРБІННИХ АГРЕГАТІВ**

**Тема 1.** Необхідність визначення параметрів газотурбінного агрегату на змінних режимах роботи. Теорія подібності в розрахункових і експериментальних дослідженнях змінних режимів роботи газотурбінного двигуна [3]. стор. 249-255.

**Тема 2.** Формулювання задачі приведення параметрів газотурбінного двигуна до розрахункових (нормальних) атмосферних умов. Узагальнені параметри агрегатів газотурбінного двигуна [3]. стор. 255-258.

**Тема 3.** Рішення задачі приведення параметрів приводного газотурбінного двигуна до розрахункових атмосферних умов. Формули приведення [3]. стор. 258-263.

**Тема 4.** Побудова вихідної характеристики суднового газотурбінного двигуна. Залежність гранично припустимої потужності газотурбінного двигуна від температури зовнішнього повітря. Зміна ККД газотурбінного двигуна на режимах максимально припустимої потужності [3]. стор. 263-268.

**Тема 5.** Призначення характеристик компресорів і турбін. Характеристики компресорів газотурбінних двигунів. Характеристики осьових турбін газотурбінних двигунів. Розрахунки характеристик турбін [2]. стор. 222-246, [3]. стор. 268-276.

**Тема 6.** Визначення параметрів компресорів і турбін газотурбінних двигунів на режимах часткових навантажень. Одержання основної системи рівнянь опису

процесів у газотурбінному двигуні на змінних режимах [1]. стор. 201-214, [3]. стор. 276-285.

**Тема 7.** Рішення основної системи рівнянь опису процесів у газотурбінному двигуні на змінних режимах та одержання параметрів та характеристик газотурбінного двигуна на режимах часткових навантажень [3]. стор. 285-288.

## **Частина 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ТА КОМПЛЕКТАЦІЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ**

**Тема 1.** Особливості транспортування природних газів [3]. стор. 27-30.

**Тема 2.** Призначення та склад компресорної станції [2]. стор. 9-10, [3]. стор. 30-33, [4]. стор. 4-24.

**Тема 3.** Технологічні схеми компресорних станцій [2]. стор. 10-61, [3]. стор. 39-55.

**Тема 4.** Системи очищення технологічного газу на компресорній станції [3]. стор. 33-39.

**Тема 5.** Системи охолодження транспортуємого газу на компресорних станціях [3]. стор. 55-58.

**Тема 6.** Система імпульсного газу. Система паливного та пускового газу на станції [3]. стор. 60-64.

**Тема 7.** Система маслопостачання компресорної станції, маслоочишувальні машини та апарати повітряного охолодження масла [3]. стор. 64-70.

**Тема 8.** Електропостачання компресорних станцій. Організація зв'язку на компресорних станціях [3]. стор. 79-87, 90-94.

**Тема 9.** Водопостачання та каналізація компресорної станції. Теплопостачання компресорної станції [3]. стор. 87-90.

**Тема 10.** Електрохімічний захист компресорної станції. Грозозахист компресорної станції [3]. стор. 94-97.

**Тема 11.** Компонування газоперекачувальних агрегатів. Типові конструкції газоперекачувальних агрегатів газотранспортної системи України [3]. стор. 58-60,

70-74.

**Тема 12.** Будова та режими роботи відцентрових нагнітачів [1]. стор. 99-124, [2]. стор. 226-244, [3]. стор. 74-79, [4]. стор. 24-45.

**Тема 13.** Система автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом [1]. стор. 296-305, [2]. стор. 62-99, [3]. стор. 238-283.

**Тема 14.** Газоперекачувальні агрегати з електроприводом [3]. стор. 162-197.

**Тема 15.** Монтаж основного та допоміжного устаткування на компресорних станціях [3]. стор. 284-332.

#### **4. Оцінювання результатів та критерії підсумкової оцінки**

Кваліфікаційний екзамен проводиться у комбінованій формі (письмові відповіді та усний захист). До екзаменаційного білету входить п'ять питань.

##### **Структура оцінки кваліфікаційного екзамену**

Оцінка кваліфікаційного екзамену (за шкалою від 0 до 100 балів) складається із суми балів, виставлених Атестаційною комісією в результаті перевірки рівня знань студента за кожне з п'яти питань білета.

##### **Порядок оцінювання підготовленості студента**

Оцінка кваліфікаційного екзамену визначається у такому порядку:

1) виставляють бали за відповіді на кожне питання білета екзамена виходячи із наведених нижче критеріїв оцінювання відповідей;

2) обчислюють оцінку кваліфікаційного екзамену за формулою:

$$O = \sum_{i=1}^5 B_i$$

де  $B_i$  – кількість балів за відповідь на  $i$ -е запитання.

##### **Критерії оцінювання відповідей на питання**

Відповідь на кожне з п'яти питань білету кваліфікаційного екзамену оцінюється балами від 0 до 20.

Відповідь на питання оцінюють таким чином:

від 16 до 20 балів ставлять студенту, який надав повну, у логічно правильній послідовності відповідь, яка свідчить про всебічні, систематизовані та глибокі знання з поставленого питання, що демонструє здатність студента вільно оперувати здобутими знаннями: диференціювати та інтегрувати їх, відтворювати та аналізувати отриману інформацію, робити обґрунтовані висновки та узагальнення, виявляти й відстоювати власну позицію, переконливо висловлювати думку та чітко формулювати відповідь. Як правило, таку оцінку отримує вступник, який відповів на питання не менше ніж на 90 %. Відповідь оцінюють у максимальну кількість балів тільки за умови надання вичерпної відповіді на питання;

від 11 до 15 балів ставлять студенту, який надав досить повну, без суттєвих неточностей, у логічно правильній послідовності відповідь, яка свідчить про ґрунтовні та систематизовані знання з поставленого питання, що демонструє здатність студента впевнено оперувати здобутими знаннями, відтворювати та аналізувати отриману інформацію, пояснювати основні закономірності, робити висновки, чітко висловлювати думку та формулювати відповідь. Як правило, таку оцінку отримує студент, який відповів на питання на 70–90 %;

від 6 до 10 балів ставлять студенту, який надав не зовсім повну, із неточностями та окремими незначними помилками, в основному у правильній послідовності відповідь, яка свідчить про задовільні знання з поставленого запитання. Як правило, таку оцінку отримує студент, який відповів на запитання на 50–70 %;

від 1 до 5 балів ставлять студенту, який надав фрагментарну, із суттєвими неточностями та принциповими помилками відповідь, яка свідчить про неповноту знань з поставленого питання, що демонструє наявність у студента утруднень при відтворенні інформації відповідно до поставленого питання. Як правило, таку оцінку отримує студент, який відповів на питання менше ніж на 50 %;

0 балів ставлять студенту, який не надав відповідь на поставлене питання або надана відповідь не відповідає поставленому питанню.

## **5. Рекомендована література**

### **Рекомендована література до частини 1:**

1. Ковальчук В.В., Моїсєєв Л.М. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Київ: Професіонал, 2005. 240 с.
2. Колесников О.В. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Київ: ЦУЛ, 2011. 144 с.
3. Основи наукових досліджень: навч. посібник / за заг. ред. Т.В. Гончарук. Тернопіль, 2014. 272 с.
4. Цехмістрова Г.С. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Київ: Слово, 2004. 240 с.
5. Черноусенко О.Ю., Чепелюк О.О., Риндюк Д.В. Основи наукових досліджень та інженерної творчості: навч. посібник. Київ: КПІ, 2016. 270 с.

### **Рекомендована література до частини 2:**

1. Ващиленко М.В. Оптимізаційні розрахунки термодинамічних циклів суднових і енергетичних ГТА в задачах автоматизованого проектування: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 44 с.
2. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
3. Романовський Г.Ф., Іпатенко О.Я., Патлайчук В.М. Теорія та розрахунок парових і газових турбін : навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 292 с.

### **Рекомендована література до частини 3:**

1. Бондаренко Г.А., Кирик Г.В. Компресорні станції: підручник. Суми: Сумський державний університет, 2016. 385 с.

2. Кузнецов В.В., Кузнецова С.А., Мовчан С.М., Соломонюк Д.М. Утилізаційні котли газотурбінних установок : навч. посібник. Миколаїв : Вид-во НУК, 2011. 248 с.
3. НПАОП 60.3-1.01-10. Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів. Київ, 2010. 96 с.
4. Романовський Г.Ф., Султанський Ю.О., Харченко В.І. Будова, правила технічної експлуатації та обслуговування газотурбінних двигунів : навч. посібник. Миколаїв : Вид-во НУК, 2011. 156 с.
5. Філоненко О.О., Харченко В.І. Будова газотурбінного двигуна типу UGT 25000E: У 2 ч. Ч.1: Системи газотурбінного двигуна : навч. посібник. Миколаїв : Вид-во НУК, 2007. 68 с.

#### **Рекомендована література до частини 4:**

1. Збірник завдань та вправ з теорії і проектування турбінних агрегатів : навч. посібник / Г.Ф. Романовський, С.І. Сербін, М.В. Ващиленко, М.П. Седько, В.М. Патлайчук, В.І. Харченко. Миколаїв: Вид-во НУК, 2012. 248 с.
2. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Седько М.П. Основи проектування компресорів суднових ГТД: навч. посібник. Миколаїв: Вид-во НУК, 2008. 292 с.
3. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.

#### **Рекомендована література до частини 5:**

1. Бондаренко Г.А., Кирик Г.В. Компресорні станції: підручник. Суми: Сумський державний університет, 2016. 385 с.

2. Дубинський В.Г., Житомирський Б.Л., Лопатін О.С. Технічна експлуатація газотурбінних компресорних станцій на магістральних газопроводах: навч. посібник. Харків: Основи, 2019. 331 с.
3. Козаченко А.М. Експлуатація компресорних станцій магістральних газопроводів. Харків: Основи, 2009. 401 с.
4. Патлайчук В.М. Технологічний розрахунок магістрального газопроводу та розрахунок режиму роботи компресорної станції. Миколаїв: Вид-во НУК, 2018. 45 с.