

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

«Затверджую»

Директор Інституту технічної

теплофізики НАН України

академік НАН України



Юрій СНЕЖКІН

**ПРОГРАМА**

додакового фахового випробування для вступу в аспірантуру  
**спеціальність 144 Теплоенергетика**

Київ – 2024

## **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ**

д.т.н., чл.-кор. НАНУ, проф. Н.М.Фіалко,

д.т.н. І.О.Дубовкіна

### **Зміст**

1. Загальні відомості
2. Теми навчального матеріалу, що виносяться на вступне випробування
3. Навчально-методичні матеріали
4. Рейтингова система оцінювання рівня підготовки вступників
5. Приклад екзаменаційного білету

Додаткове вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з наступних дисциплін «Тепломасообмін», «Теплообмінні апарати», «Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках».

## **Дисципліна «Тепломасообмін»**

### **1. Теплопровідність**

#### **Тема 1.1. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі**

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор густини теплового потоку. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі. Конкретні задачі теплопровідності. Теплопровідність плоскої стінки. Контактний термічний опір. Методи зниження контактного опору. Теплопровідність багат шарової плоскої стінки. Теплопровідність одношарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопровідність багат шарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопередача через плоску стінку. Коефіцієнт теплопередачі. Рівняння теплопередачі. Теплопередача через багат шарову плоску стінку. Теплопередача через одношарову циліндричну стінку. Лінійний коефіцієнт теплопередачі. Лінійний термічний опір теплопередачі. Теплопередача через багат шарову циліндричну стінку. Теплопровідність сферичної стінки при граничних умовах I роду. Теплопровідність пластини при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти. Температурне поле пластини при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти. Теплопровідність циліндра при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти. Температурне поле циліндра при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти.

Література: (1), стор. 44-50, 15-20, 12-13, 27-30, 37-44, 40-43. (2), стор. 20-25, 31-35. (3), стор. 7-8, 17-23, 31-35, 30-38. (4), стор. 27-28, 23-28, 29-32. (6), стор. 27-32.

#### **Тема 1.2. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі**

Способи зміни інтенсивності теплопередачі. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Плоска стінка. Критичний діаметр циліндричної стінки. Вибір матеріалу ізоляції. Шляхи інтенсифікації теплопередачі. Термічний опір теплопередачі. Можливості зниження термічного опору теплопередачі. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Інтенсифікація теплообміну за рахунок оребрення. Типи оребрення. Диференційне рівняння теплопровідності прямого ребра довільного профілю. Пряме ребро прямокутного профілю. Теплопровідність прямого ребра прямокутного профілю. Коефіцієнт ефективності ребра. Ребриста плоска стінка. Теплопередача через ребристу плоску стінку. Умови вигідності оребрення. Теплопровідність кільцевого або шайбового ребра

постійної товщини. Метод приблизного розрахунку коефіцієнта ефективності ребра круглого профілю.

Література: (1), стор. 50-65, 67-70, 70-75, 70-80, 77-81, 77-89, 89-93. (3), стор. 36-39. (4), стор. 57-68.

### **Тема 1.3. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі**

Фізичні основи процесу нестационарної теплопровідності. Нестационарна теплопровідність пластини без внутрішніх джерел тепла. Диференційне рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності пластини без внутрішніх джерел тепла. Аналіз рішення диференційного рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності пластини без внутрішніх джерел тепла. Нестационарна теплопровідність циліндру без внутрішніх джерел тепла. Диференційне рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності циліндру без внутрішніх джерел тепла. Аналіз рішення диференційного рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності циліндру без внутрішніх джерел тепла.

Література: (2), стор. 107-125, 128, 127-130

## **2. Конвективний теплообмін**

### **Тема 2.1. Фізичні основи процесу теплопередачі**

Фізичні основи процесу теплопередачі. Конвективний теплообмін. Закон Ньютона-Ріхмана і коефіцієнт тепловіддачі. Поняття про пограничний шар. Ламінарна та турбулентна течія. Механізм переносу теплоти від газу до стінки при ламінарній та турбулентній течії. Вплив різноманітних факторів на величину коефіцієнта тепловіддачі. Математичний опис процесів конвективного теплообміну. Диференційне рівняння енергії. Диференційне рівняння руху. Умови однозначності при описанні процесів конвективного теплообміну. Рівняння руху та енергії для турбулентного режиму руху рідини. Способи отримання розрахункових формул для визначення коефіцієнта тепловіддачі.

Література: (2), стор. 41-45. (3), стор. 47-50, 51-56, 57-60. (4), стор. 67-69, 77-79.

### **Тема 2.2. Основи теорії подібності фізичних явищ**

Основні поняття та визначення теорії подібності. Фізична основа теорії подібності. Інваріант подібності. Одноименні величини. Константи подібності. Теореми подібності. Аналогічні явища. Властивість констант подібності. Перша теорема подібності. Друга теорема подібності. Третя теорема подібності. Фізичний зміст чисел подібності. Число Нусельта. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Ейлера. Число Прандтля. Число Стентона. Використання теорії подібності до явища тепловіддачі. Рівняння подібності.

Література: (1), стор. 147-150, 97-99. (2), стор. 141-145. (3), стор. 87-90. (4), стор. 100-110.

### **Тема 2.3. Основи теорії пограничного шару**

Вступ в теорію пограничного шару. Диференційне рівняння динамічного пограничного шару. Методи теорії пограничного шару. Диференційні

рівняння пограничного шару. Рішення диференційного рівняння динамічного пограничного шару. Оцінка порядку членів, що входять до рівняння.

#### **Тема 2.4. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл**

Тепловіддача при течії на пластині. Вплив “зовнішньої” турбулентності, неізотермічності, поздовжнього градієнту тиску на пластині на перехід ламінарної течії у турбулентну. Перехід ламінарної течії у турбулентну на пластині. Тепловіддача пластини при ламінарній течії потоку. Тепловіддача пластини при турбулентній течії потоку. Визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі при турбулентній течії теплоносія на пластині. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл різноманітної форми. Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндру. Вплив на тепловіддачу кута атаки. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні пучків гладких труб.

Література: (1), стор. 227-230, 234-240. (2), стор. 144-150, 211-215, 311-315. (3), стор. 97-108. (4), стор. 237-248.

#### **Тема 2.5. Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах**

Особливості течії та теплообміну в трубах. Особливості течії рідини з постійними фізичними властивостями. Особливості теплообміну. Особливості ламінарної неізотермічної течії. Теплообмін при різних режимах течії рідини в трубах. В'язкістно- гравітаційний режим течії рідини в трубах. Тепловіддача при ламінарному режимі течії рідини в трубах. Рівняння подібності для визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі. Тепловіддача при турбулентному режимі течії рідини в трубах. Тепловіддача при перехідному режимі течії рідини в трубах. Тепловіддача при течії рідини в трубах некруглого поперечного перерізу.

Література: (1), стор. 255-260, 265-266, 267-270. (2), стор. 320-325. (4), стор. 287-290.

#### **Тема 2.6. Тепловіддача при вільній конвекції**

Тепловіддача при вільній конвекції в необмеженому просторі. Фізичні основи тепловіддачі при вільній конвекції. Тепловіддача вертикальної поверхні. Тепловіддача при вільній конвекції біля горизонтальної труби. Тепловіддача при вільній конвекції біля горизонтальної плоскої поверхні. Тепловіддача при вільній конвекції в обмеженому просторі. Приблизний метод розрахунку тепловіддачі при вільній конвекції в необмеженому просторі. Рівняння подібності для визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі. Тепловіддача при вільній конвекції в горизонтальних щілинах. Тепловіддача при вільній конвекції в вертикальних щілинах. Еквівалентний коефіцієнт теплопровідності. Тепловіддача при вільній конвекції у відкритих вертикальних каналах (щілинах).

Література: (1), стор. 306-310, 311-334.

### **3. Теплообмін при фазових переходах**

#### **Тема 3.1. Теплообмін при кипінні**

1. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі. Класифікація видів кипіння. Способи підводу тепла до поверхні (г.у. 1-го та 2-го роду).

Крива кипіння, механізми, що використовуються для опису теплообміну при кипінні. 1-а та 2-га кризи кипіння.

[1], с. 301-303, 306-308, [2], с. 111-116, [4], с. 236-237

2. Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні у великому об'ємі. Безрозмірні експериментальні формули Толубінського, Лабунцова та Кутателадзе. Емпіричні формули для води.

Література: [1], с. 308-311, [2], с. 328-333, [4], с. 247-248.

3. Кризи кипіння. Параметри, що впливають на процес кипіння та їх вплив на інтенсивність теплообміну. Гідродинамічна теорія кризи Кутателадзе. Механізм теплообміну при плівковому кипінні рідини. Вплив швидкості потоку рідини на коефіцієнт тепловіддачі при кипінні.

Література: [2], с. 131-132, [3], с. 337-340, [4], с. 248-259.

4. Двофазний потік. Істинні та витратні характеристики двофазного потоку. Режими течії, зміна параметрів двофазного потоку по довжині парогенеруючої труби.

Література: [1], с. 311-316, [3], с. 354-361, [4], с. 259-271

### **Тема 3.2. Теплообмін при конденсації**

1. Теплообмін при плівковій конденсації нерухомої пари на вертикальній поверхні. Постановка задачі Нусельтом, аналітичне визначення коефіцієнта тепловіддачі при ламінарній течії. Локальний та середній коефіцієнти тепловіддачі. Конденсація на похилій поверхні та на горизонтальній трубі.

Література: [1], с. 270-279, с. [2], с. 139-142, [4], с. 217-219. [9] с. 43-46, 51-52, 60-61

2. Вплив на коефіцієнт тепловіддачі зміни теплофізичних властивостей речовин, перегріву та вологості пари, вплив стану поверхні. Вплив хвильового та турбулентного режиму течії плівки конденсату. Вплив швидкості пари. Теплообмін при конденсації всередині труб. Інтенсифікація теплообміну при конденсації.

Література: [1], с. 279-285, [2], с. 143-158, [4], с. 219-227. [9] с. 52-59, 63-66, 106-124.

## **4. Випромінювання**

### **Тема 4.1. Теплообмін випромінюванням**

1. Основні поняття та визначення теплообміну випромінюванням. Закони теплового випромінювання. Закон Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Кірхгофа, закон Ламберта.

Література: [1], с. 361-376, [2], с. 160-169, [3], 310-319.

2. Теплообмін випромінюванням між тілами. Теплообмін випромінюванням між двома тілами, розділеними прозорим середовищем. Променевий теплообмін між двома паралельними поверхнями. Теплообмін за наявності екранів. Теплообмін випромінюванням між тілом та його оболонкою.

Література: [1], с. 378-395, [2], с. 173-192, [4], с. 327-332.

### **Основна література**

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача . М.: Энергия. 1975 г.
2. Михеев М.А., Михеева И.Н. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977 г.
3. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Энергоатомиздат, 1986 г.
4. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
5. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М: «Энергия», 1975.

### **Додаткова література**

6. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков Б.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. М.: Энергоиздат, 1984.
7. Богданов С.Н. и др. Теоретические основы хладотехники. Теплообмен. М.: Агропромиздат, 1986 г.
8. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении.
9. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. М., Энергия, 1977, 240 с.
10. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Атомиздат, 1974 г.

### **Дисципліна “Теплообмінні апарати”**

1. Класифікація ТОО за функціональними ознаками. Области застосування. Схеми руху теплоносіїв. Діаграми розподілу температур в ТОО  
Література: основна - [1], с.441-442; [2], с.161-162; [3], с.23-31, 118-124; [5], с.38-42.  
Література додаткова - [7], с.5-9.
2. Поняття конструктивного та перевірного теплового розрахунку. Рівняння теплового балансу. Рівняння теплопередачі. Визначення середнього температурного напору при протічці та прямотечі.  
Література основна - [1], с.442-450; [2], с.162-168; [5], с.42-50; [6], с. 246-254.  
Література додаткова - [8], с.276-286.
3. Конструктивний метод розрахунку ТОО. Загальні рекомендації виконання розрахунку, його послідовність.  
Література: основна - [3], с.31-46.  
Література додаткова - [7], с.9-12; [8], с.297-300.
4. Гідравлічний розрахунок ТОО, завдання розрахунку. Повний гідравлічний опір. Опір тертя, місцевий опір (в тому числі пучка труб), опір прискорення та самотяги. Коефіцієнт впливу структури потоку. Вплив паровмісту на гідравлічний опір. Потужність, яка необхідна для переміщення теплоносія.  
Література основна - [1], с.459-464; [2], с.171-175.  
Література додаткова - [11], с.89-93.
5. Розрахунок на міцність циліндричних посудин. Номінальні допустимі напруги матеріалів. Визначення коефіцієнтів міцності поодиноких отворів та ряду отворів (зміцнених і незміцнених).

Література основна - [3], с.264-288; [4], с.395-449.  
Література додаткова - [9], [10], с.392-411.

### **Основна література**

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача. М.: Энергия. 1975 г.
2. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков Б.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. М.: Энергоиздат, 1984.
3. Бакластов А.М., Горбенко В.А., Удыма П.Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок. М.: Энергоиздат, 1981 г.
4. Бакластов А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. М.: «Энергия», 1970.
5. Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники. М.: Энергоиздат, 1982 г.
6. Михеев М.А., Михеева И.Н. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977 г.

### **Додаткова література**

7. Справочник по теплообменникам в 2-х томах. Т.2., пер.с англ. под ред. Мартыненко О.Г. и др. М.: Энергоиздат, 1987 г.
8. Богданов С.Н. и др. Теоретические основы хладотехники. Теплообмен. М.: Агропромиздат, 1986 г.
9. ЦКТИ им. Ползунова. Нормы расчета элементов паровых котлов на прочность. Руководящие указания, вып.11, Ленинград, 1965 г.
10. Основные процессы и аппараты химической технологии под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия, 1991 г.
11. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.-Л., 1960. 464 с.

### **Дисципліна «Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках»**

#### **1. Фізика процесів генерації парової фази.**

1.1 Закономірність зародження, зростання, відриву та руху парових бульбашок.

1.2 Механізм процесу теплообміну при пазирковому кипінні. Крива кипіння.

1.3 Теплообмін при плівковому кипінні.

Література: [4] гл.11, стр. 313-353; [6] гл. 6, стр.234-259.

#### **2. Теплогідравлічні режими двофазних потоків.**

2.1 Структурні зміни пароводяного потоку в парогенеруючих елементах. Режими руху.

2.2 Фізичні особливості процесів гідродинаміки та теплообміну у парогенеруючих каналах.

Література: [4] гл.13, стр. 380-392; [6] гл. 6, стр.259-280; 6

#### **3. Рух двофазного потоку у парогенеруючих каналах.**

3.1 Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них однофазних потоків.



3.2 Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них двофазних потоків.

Література: [2] гл.1, стр. 17-31; [4] гл. 8, стр.234-264.

#### **4. Рух двофазного потоку у циліндричних та кільцевих каналах.**

4.1 Гідравлічний опір тертя при русі однофазних потоків теплоносія.

4.2 Гідравлічний опір тертя при русі двофазних потоків теплоносія.

Література: [2] гл.2, стр. 32-47; [4] гл. 14, стр. 421-441.

#### **5. Невимушена циркуляція теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.**

5.1 Визначення рушійного та корисного напорів циркуляції.

5.2 Графоаналітичний метод розрахунку циркуляції в простих та складних циркуляційних контурах.

5.3 Оцінка надійності невимушеної циркуляції.

Література: [3] гл.3, стр. 35-49.

#### **6. Вимушена циркуляція теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.**

6.1 Гідродинамічні характеристики поверхонь, що обігріваються.

6.2 Теплогідравлічна розвірка паралельних каналів.

6.3 Методи запобігання пульсації теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

Література: [3] гл.4, стр. 53-66; [5] гл. 17, стр.271-306.

#### **7. Процеси теплопереносу у випарювальних елементах енергетичних установок.**

7.1 Теплообмін на занурених парогенеруючих поверхнях тепловіддачі.

7.2 Теплообмін у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Література: [2] гл.5, стр. 69-76; [4] гл. 11, стр. 313-350, гл. 13 стр. 380-414.

#### **8.Визначення гранично допустимих теплових навантажень поверхонь тепловіддачі у високофорсованих теплообмінних апаратах.**

8.1 Механізм кризи тепловіддачі при кипінні теплоносія на занурених поверхнях тепловіддачі.

8.2 Критична щільність теплового потоку при кипінні теплоносія на занурених поверхнях тепловіддачі.

8.3 Критична щільність теплового потоку при кипінні теплоносія у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Література: [3] гл.10, стр. 240-252; [6] гл. 6, стр. 281-303.

#### **Основна література**

1. Тепловыделение в ядерном реакторе. Под ред. Н.Н. Пономарева-Степного, - М.: Энергоатомиздат,1985, - 160с.

2. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы), - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 294с.

3. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании, - М.: Высшая школа, 1977, - 352с.

4. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках, - М.: Энергоатомиздат, 1986, - 470с., 7

#### Додаткова література

5. Делайе Дж., Гио М., Ритмюллер М. Теплообмен и гидродинамика в атомной и тепловой энергетике. /Пер. с англ. Под ред. П.Л. Кириллова / - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 422с.
6. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепломассообмен (в ядерной энергетике), - М.: Энергоатомиздат, 1987, - 375с.
7. Саркисов А.А., Пучков В.Н. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок, - М.: Энергоатомиздат, 1989, - 504с.
8. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу «Гідродинаміка та теплообмін в ядерних енергетичних установках» ч.1, 2, - Київ, КПІ, 1992, - 75с., 90с.

#### 4. Рейтингова система оцінювання рівня підготовки вступників

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з вступного випробування  $\Phi$ ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні вступного випробування. Кількість балів, набраних на іспиті ( $\Phi$ ), формується як середньоарифметична сума балів, нарахованих вступнику за виконання кожного завдання комплексного вступного випробування. Теоретичне питання відповідно до програми вступних випробувань передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання. Загалом білет містить три завдання, які обираються вступником за сліпим жеребом.

Оцінювання кожного завдання виконується за рейтинговою системою згідно таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок оцінки виконання кожного завдання комплексного фахового випробування

Кількість рейтингових балів, шкала ECTS, бали	Характер виконання завдання
A, відмінно, 95-100	Вступник змістовно і обґрунтовано розкрив теоретичне питання (не менше 95% потрібної інформації).

	Допускається одне незначне виправлення.
В, дуже добре, 85-94	Вступник змістовно розкрив теоретичне питання, але обґрунтування виконано недостатньо (не менше 85% потрібної інформації). Допускається два незначних виправлення.
С, добре, 75-84	Вступник змістовно розкрив теоретичне питання (не менше 75% потрібної інформації). Допускається три незначних виправлення.
Д, задовільно, 65-74	Вступник розкрив теоретичне питання (не менше 65% потрібної інформації). Допускається чотири незначних виправлення.
Е, достатньо, 60-64	Вступник розкрив теоретичне питання, але недостатньо (не менше 60% потрібної інформації). Допускається п'ять незначних виправлень
FX, незадовільно, 59 і нижче	Вступник не розкрив теоретичне питання (менше 60 % потрібної інформації), чи надав відповідь, яка не відповідає сутності завдання. Кількість виправлень – більше п'яти.

При виконанні вимог, наведених в колонці “Характер виконання завдання”, вступник має змогу отримати максимальну кількість балів з діапазону, вказаного в тому ж рядку в колонці «Кількість балів», за умови відсутності штрафних балів. Штрафні бали можуть нараховуватись за наступне:

- порушення логічної послідовності викладення матеріалу 2...5 штрафних балів;
- окремі, дещо нечіткі формулювання, які допускають неоднозначні тлумачення 3 штрафний бал за кожне таке формулювання;
- порушення масштабу при зображеннях залежностей на графіках, відсутність позначень величин на осях графіків 1 штрафний бал за кожний з вказаних недоліків; стилістичні та граматичні помилки 1 штрафний бал за кожну з помилок;
- неохайно написаний текст відповіді зі значною кількістю виправлень, що суттєво ускладнює сприйняття відповіді 2...5 штрафних балів.

Загальний показник  $\Phi$  визначається, як середньоарифметичне значення балів, нарахованих вступнику за окремі завдання вступного випробування. Для випробування, яке складається із 3-х завдань:  $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3$ .

## 5. Приклад екзаменаційного білету

Форма зразку

Національна академія наук  
Інститут технічної теплофізики

Освітній рівень доктор філософії  
Спеціальність 144 Теплоенергетика  
Навчальна дисципліна Вступний іспит  
Екзаменаційний білет №\_\_

1. Питання 1.
2. Питання 2.
3. Питання 3.