

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра Технічна кріофізика  
(назва кафедри, яка забезпечує викладання дисципліни)

**КОМПЛЕКС НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ДИСЦИПЛІНИ**

Конструкційні особливості низькотемпературних установок  
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань 14 Електрична інженерія  
(шифр і назва)

спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(шифр і назва)

освітня програма Енергетика  
(назви освітніх програм спеціальностей)

вид дисципліни профільна /вибіркова  
(загальна підготовка / професійна підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання денна / заочна  
(денна / заочна/дистанційна)

Харків – 2021 рік

## АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва показників	Характеристика
Повна назва дисципліни	Конструкційні особливості низькотемпературних установок
Викладацький склад	Руденко Н.З..
Спеціальність	Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Енергетика
Кількість годин	9 семестр – 80;
Кредити ECTS	9 семестр – 5;
Опис	<p>В рамках курсу :вивчення конструкційних особливостей низькотемпературних систем та технологій їх виготовлення.</p> <p>Мета вивчення дисципліни: Придбання знань та навичок проектування основних елементів герметичних систем низькотемпературного обладнання. Вивчення зміни властивостей конструкційних матеріалів при низьких температурах. Ознайомлення з технологіями виготовлення низькотемпературної техніки</p> <p>Результати навчання полягають у наступному: отримання практичних навичок проектування низькотемпературних установок.</p> <p>Методи навчання: навчання здійснюється у формі навчальних занять (лекції, лабораторні заняття, консультації), а також у формі самостійної роботи (опрацювання навчального матеріалу, виконання та захист індивідуального навчального розрахункового завдання).</p>
Тип дисципліни	Профільна/ вибіркова
Підсумковий контроль	Екзамен у 9 семестрі

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра Технічна кріофізика  
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри Технічна кріофізика  
(назва кафедри)

В.В.Стариков  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Конструкційні особливості низькотемпературних установок**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань 14 Електрична інженерія  
(шифр і назва)

спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(шифр і назва)

Освітня програма Енергетика  
(назви освітніх програм спеціальностей)

вид дисципліни профільна/вибіркова  
(загальна підготовка / професійна підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання денна/заочна  
(денна / заочна)

Харків – 2021 рік

## ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

Конструкційні особливості низькотемпературних установок

(назва дисципліни)

Розробники:

ст.викладач, к.т.н

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

М.З.Руденко

(ініціали та прізвище)

\_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

Технічна кріофізика

(назва кафедри)

Протокол від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри ТКФ

(назва кафедри)

(підпис)

В.В.Стариков

(ініціали та прізвище)

## ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Шифр та назва освітньої програми	ПІБ Гаранта ОП	Підпис, дата

Голова групи забезпечення спеціальності \_\_\_\_\_

(ПІБ, підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри-розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Гарант освітньої програми

## МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета:** придбання знань та навичок проектування основних елементів герметичних систем низькотемпературного обладнання. Вивчення зміни властивостей конструкційних матеріалів при низьких температурах. Ознайомлення з технологіями виготовлення низькотемпературної техніки

**Компетентності:** ФКС6-1, ФКС6-2, ФКС6-3.  
(Вказується шифр компетентності з освітньої програми спеціальності або спеціалізації, яка забезпечується даною навчальною дисципліною)

**Результати навчання:** полягають у наступному:  
Придбання знань та навичок проектування основних елементів герметичних систем низькотемпературного обладнання.. Ознайомлення з технологіями виготовлення низькотемпературної техніки

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка	Песпективні конструкції, інноваційні проекти і програми в енергетичному машинобудуванні
Опір матеріалів	Кріобіологічні технології та обладнання
Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів	Тепломасообмін при заморожуванні та збережуванні харчових продуктів
Монтаж, експлуатація та сервіс холодильних установок	Енергозощаджуючі технології в енергетиці

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари		Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік	Екзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>9</b>	<b>150/5</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>Р</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>Е</b>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 53,3 %):

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
1	Л	2	Тема 1 Основні матеріали які застосовують в низькотемпературній техніці	1,2
2	Л	2	Тема 2 .Особливості властивостей матеріалів при низьких температурах	1,2,9
3	Л	2	Тема 3 Основні вимоги, що пред'являються при виборі матеріалів в низькотемпературній техніці.	1,2
4	Л	4	Тема 4 Влив низькотемпературної деформації на конструкцію вузлів обладнання..	2
5	Л	2	Тема 5 Вплив вакуума на властивості матеріалів	3
6	ЛЗ	4	Визначення необхідної довжини стягуючого болту герметичного фланцевого з'єднання.	
7	Л	2	Тема 6 Тертя та змащення при низьких температурах та в вакуумі	1
8	ЛЗ	4	Дослідження впливу охолодження мастила на його в'язкість	
9	Л	2	Тема 7. Конструкція вузлів обертання в низькотемпературних камерах	2,11
10	Л	2	Тема 8 Конструкція герметичних з'єднань	1,2,11
12	Л	4	Тема 9 Особливості технології механообробки нержавіючої сталі та кольорових металів.	
13	Л	2	Тема10. Особливості зварювання нержавіючої сталі та кольорових металів	
14	Л	4	Тема 11. Обладнання для аргоно-дугового зварювання металів. Плазмене та лазерне зварювання металів	1,2,6
15	ЛЗ	4	Вивчення ручного дугового зварювання в захистних газах не плавким електродом.	4,5
16	Л	2	Тема 12.Технології герметичного з'єднання різностінних елементів конструкції. Конструкції	4,5



			елементів.	
17	Л	2	Тема 13 Герметична пайка конструкційних матеріалів	
18	ЛЗ	4	Вивчення герметичної пайки конструкційних матеріалів	6
19	Л	2	Тема 14 Конструкція герметичних стиків низькотемпературних камер.	4
20	Л	4	Тема 15 Конструкційні особливості вакуумних та кріогенних камер.	
21	Л	2	Тема 16 Технологія виготовлення циліндричних оболонок камер	2
22	Л	4	Тема 17 Технології виготовлення еліптичних днищ герметичних камер. Технологія штамповки вибухом.	2,3,8
23	Л	2	Тема 18 Конструкція опорів та підвісок кріокамер.	6,7,10
24	Л	2	Тема 19 Захистні елементи вакуумних та кріогенних камер	6,7,10
Разом (годин)		80		1,2,3

### САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	24
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	16
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	14
4	Виконання індивідуального завдання:	12
5	Інші види самостійної роботи	4
	Разом	70

# ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

## Розрахункове завдання

(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)												
	<p>1. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для кріокамери, яка заходжується від кімнатної до робочої.</p> <p style="text-align: center;"><b>Вихідні дані для розрахунку</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Варіант</th> <th style="width: 15%;">Матеріал болту</th> <th style="width: 15%;">Матеріал ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Матеріал фланців</th> <th style="width: 15%;">Товщина ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Робоча температура</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Бронза БрБ2</td> <td style="text-align: center;">індій</td> <td style="text-align: center;">сталь 12Х18Н10Т</td> <td style="text-align: center;">1 мм</td> <td style="text-align: center;">азотна</td> </tr> </tbody> </table>	Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура	1	Бронза БрБ2	індій	сталь 12Х18Н10Т	1 мм	азотна	10
Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура									
1	Бронза БрБ2	індій	сталь 12Х18Н10Т	1 мм	азотна									
	<p>2. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для кріокамери, яка заходжується від кімнатної до робочої.</p> <p style="text-align: center;"><b>Вихідні дані для розрахунку</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Варіант</th> <th style="width: 15%;">Матеріал болту</th> <th style="width: 15%;">Матеріал ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Матеріал фланців</th> <th style="width: 15%;">Товщина ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Робоча температура</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">сталь 12Х18Н10Т</td> <td style="text-align: center;">свинець</td> <td style="text-align: center;">алюміній</td> <td style="text-align: center;">2 мм</td> <td style="text-align: center;">100 К</td> </tr> </tbody> </table>	Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура	2	сталь 12Х18Н10Т	свинець	алюміній	2 мм	100 К	
Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура									
2	сталь 12Х18Н10Т	свинець	алюміній	2 мм	100 К									
	<p>3. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для кріокамери, яка заходжується від кімнатної до робочої.</p> <p style="text-align: center;"><b>Вихідні дані для розрахунку</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Варіант</th> <th style="width: 15%;">Матеріал болту</th> <th style="width: 15%;">Матеріал ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Матеріал фланців</th> <th style="width: 15%;">Товщина ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Робоча температура</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">мідь</td> <td style="text-align: center;">фторопласт</td> <td style="text-align: center;">сталь 12Х18Н10Т</td> <td style="text-align: center;">5 мм</td> <td style="text-align: center;">200 К</td> </tr> </tbody> </table>	Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура	3	мідь	фторопласт	сталь 12Х18Н10Т	5 мм	200 К	
Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура									
3	мідь	фторопласт	сталь 12Х18Н10Т	5 мм	200 К									
	<p>4. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для кріокамери, яка заходжується від кімнатної до робочої.</p> <p style="text-align: center;"><b>Вихідні дані для розрахунку</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Варіант</th> <th style="width: 15%;">Матеріал болту</th> <th style="width: 15%;">Матеріал ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Матеріал фланців</th> <th style="width: 15%;">Товщина ущільнювача</th> <th style="width: 15%;">Робоча температура</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">Латунь Л62</td> <td style="text-align: center;">мідь</td> <td style="text-align: center;">титан</td> <td style="text-align: center;">1 мм</td> <td style="text-align: center;">азотна</td> </tr> </tbody> </table>	Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура	4	Латунь Л62	мідь	титан	1 мм	азотна	
Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура									
4	Латунь Л62	мідь	титан	1 мм	азотна									

5. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для криокамери, яка заохолоджується від кімнатної до робочої.

**Вихідні дані для розрахунку**

Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура
5	Бронза БрБ2	індій	мідь	2 мм	воднева

6. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для криокамери, яка заохолоджується від кімнатної до робочої.

**Вихідні дані для розрахунку**

Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура
6	титан	свинець	сталь 12Х18Н10Т	3 мм	100 К

7. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для криокамери, яка заохолоджується від кімнатної до робочої.

**Вихідні дані для розрахунку**

Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура
7	Латунь Л62	алюміній	титан	1 мм	150 К

8. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для криокамери, яка заохолоджується від кімнатної до робочої.

**Вихідні дані для розрахунку**

Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура
8	сталь 12Х18Н10Т	мідь	сталь 12Х18Н10Т	0,5 мм	150 К

9. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для криокамери, яка заохолоджується від кімнатної до робочої.

**Вихідні дані для розрахунку**

Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура
9	титан	фторопласт	Д 16	3 мм	250 К

10. Визначити необхідну довжину болту, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання товщиною по 20 мм кожний та ущільнювача (варіант «прямокутний зуб – паз»), для криокамери, яка заохолоджується від кімнатної до робочої.

**Вихідні дані для розрахунку**

Варіант	Матеріал болту	Матеріал ущільнювача	Матеріал фланців	Товщина ущільнювача	Робоча температура
10	Бронза БрБ2	свинець	сталь 12Х18Н10Т	2 мм	90 К

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчання з курсу «Конструкційні особливості низькотемпературних установок» здійснюється у формі навчальних занять (лекції, лабораторні заняття, консультації), а також у формі самостійної роботи (опрацювання навчального матеріалу, виконання та захист індивідуального завдання).

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, перевірка підготовки до лабораторного заняття шляхом розв'язання задач, перевірка домашніх завдань, перевірка ІДЗ (Р).

Модульний контроль: контрольна робота (теоретичні питання та розв'язання задач).

№ з/п	Назва модульної контрольної роботи та колоквіуму	Терміни проведення (на якому тижні)
1	Модульна контрольна робота № 1	5
2	Модульна контрольна робота № 2	10

Семестровий контроль: екзамен в усній формі за екзаменаційними білетами. Результати поточного контролю (сумарна оцінка за кожен модуль) за бажанням студента враховуються на екзамені.

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 2. – Розподіл балів для оцінювання успішності студента для іспиту

Контрольні роботи	Лабораторні роботи	КР (КП)	Р	Індивідуальні завдання	Тощо	Іспит	Сума
....20.	....40.	....	20...	....10	....	10	100

Таблиця 2 – Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національна оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Глибоке знання</b> навчального матеріалу модуля, що містяться в <b>основних і додаткових літературних джерелах;</b></li> <li>- <b>вміння аналізувати</b> явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку;</li> <li>- <b>вміння проводити теоретичні розрахунки;</b></li> <li>- <b>відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні;</b></li> <li>- <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b></li> </ul>	Відповіді на запитання можуть містити <b>незначні неточності</b>
82-89	B	Добре	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Глибокий рівень знань</b> в обсязі <b>обов'язкового матеріалу</b>, що передбачений модулем;</li> <li>- <b>вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки;</b></li> <li>- <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b></li> </ul>	Відповіді на запитання містять <b>певні неточності;</b>
75-81	C	Добре	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Міцні знання</b> матеріалу, що вивчається, та його <b>практичного застосування;</b></li> <li>- <b>вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки;</b></li> <li>- <b>вміння вирішувати практичні задачі.</b></li> </ul>	- <b>невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних задач.</b>
			- Знання <b>основних</b>	Невміння давати

64-74	Д	Задовільно	<b>фундаментальних положень</b> матеріалу, що вивчається, та їх <b>практичного застосування</b> ; - вміння вирішувати прості <b>практичні задачі</b> .	<b>аргументовані відповіді</b> на запитання; - невміння <b>аналізувати</b> викладений матеріал і <b>виконувати розрахунки</b> ; - невміння вирішувати <b>складні практичні задачі</b> .
-------	---	------------	---	---

## **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

- 1.Методичні вказівки дисципліни
- 2.Конспект лекцій
- 3.Варіанти індивідуальних домашніх завдань
- 4.Перелік питань до екзамену
- 5.Підручники, задачники

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова література

1	Беляков В.П. Криогенная техника и технология.-М.:Энергоиздат, 1982 - 272 с.
2	Справочник по физико-техническим основам криогеники/ Под ред. Малкова М.П.- М.:Энергия,1973.-392 с
3	Фролов Е.С. и др.. Вакуумная техника.- М.: Машиностроение:,1985-360с.
4	Хренов К.К. Сварка,резка и пайка металлов.- М.:Машиностроение,1973.-408 с Технология конструкционных материалов/Под ред. Прейса Г.А..- Киев.: Высш. школа, 1984.- 359 с.
5	Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов.- Киев:Наук.думка, 1990.-512 с.
6	Технология конструкционных материалов/Под ред. Прейса Г.А..- Киев.: Высш. школа, 1984.- 359 с.
7	Лахтин Ю.М.,Леонтьев В.П.Материаловедение.- М.:Машиностроение,1990.-528 с

### Допоміжна література

8	Розанов Л.Н. Вакуумная техника.-М.:Высш. школа,1990.-320 с
9	Подольский А.Г. и др. Свойства веществ при низких температурах., - Харьков: НТУ «ХПИ»М., 2005.- 124 с.
10	Солнцев Ю.П.и др. Металловедение и технология металлов.- М:Металлургия, 1988.- 512 с.
11	Годик Е.И. и др. Техническое черчение.- Киев.: Высш. Школа, 1989 - 440 с.



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра Технічна кріофізика  
Спеціальність Енергетичне машинобудування  
Освітня програма Енергетика  
Форма навчання денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок»  
Семестр 9

---

**КОМПЛЕКС ЗАДАЧ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОМУ КОНТРОЛЮ**

Модульна контрольна робота №1

Завдання 1 Основні матеріали які застосовують в низькотемпературній техніці.

Завдання 2. Особливості властивостей матеріалів при низьких температурах.

Завдання 3. Основні вимоги, що прид'являються при виборі матеріалів в низько температурній техніці.

Завдання 4 Влив низькотемпературної деформації на конструкцію вузлів обладнання.

Завдання 5 Вплив вакуума на властивості матеріалів..

Завдання 6 Тертя та змащення при низьких температурах та в вакуумі.

Завдання 7 Конструкція вузлів обертання в низькотемпературних камерах.

Завдання 8 Особливості технології механообробки нержавіючої сталі та кольорових металів.

Завдання 9 Особливості зварювання нержавіючої сталі та кольорових металів.

Завдання 10 Обладнання для аргоно-дугового зварювання металів.

..

Модульна контрольна робота №2

Завдання 1 Плазмене та лазерне зварювання металів.

Завдання 2 Герметична пайка конструкційних матеріалів.

- Завдання 3 Конструкція герметичних стиків низькотемпературних камер
- Завдання 4 Конструкційні особливості вакуумних та криогенних камер
- Завдання 5 Технологія виготовлення циліндричних оболонок камер.
- Завдання 6 Технології виготовлення еліптичних днищ герметичних камер.
- Завдання 7 Технологія штамповки вибухом.
- Завдання 8 Технології герметичного з'єднання різностінних елементів конструкції
- Завдання 9 Конструкція опор та підвісок криокамер
- Завдання 10 Конструкція захистних елементів вакуумних та криогенних камер.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування \_\_\_\_\_  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика \_\_\_\_\_  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна \_\_\_\_\_  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок»

Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ, ВКЛЮЧЕНИХ ДО  
ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ ІЗ ДИСЦИПЛІНИ**

Кількість білетів \_\_\_\_\_ 18 \_\_\_\_\_

Затверджено на засіданні кафедри  
протокол № \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 7 \_\_\_\_\_ грудня \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_\_ р.

Зав. кафедрою ТКФ \_\_\_\_\_ Старіков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

**Екзаменаційний білет №1**

Питання 1 . Основні матеріали які застосовують в низькотемпературній техніці.

Питання 2 Захисні елементи вакуумних та кріогенних камер.

**Екзаменаційний білет №2**

Питання 1 Технології виготовлення еліптичних днищ герметичних камер.

Питання 2 Властивість конструкційних матеріалів при низьких температурах.

**Екзаменаційний білет №3**

Питання 1 Основні вимоги, що пред'являються при виборі матеріалів в низькотемпературній техніці

Питання 2 Конструкція опорів та підвісок кріокамер.

#### Екзаменаційний білет №4

Питання 1. Технологія виготовлення циліндричних оболонок камер.

Питання 2 . . Влив низькотемпературної деформації на конструкцію вузлів обладнання..

#### Екзаменаційний білет №5

Питання 1 Вплив вакууму на властивості матеріалів

Питання 2 Конструкція герметичних стиків низькотемпературних камер

#### Екзаменаційний білет №6

Питання 1 Конструкційні особливості вакуумних та криогенних камер.

Питання 2 Тертя та змащення при низьких температурах

#### Екзаменаційний білет №7

Питання 1 Конструкція вузлів обертання в низькотемпературних камерах

Питання 2 Герметична пайка конструкційних матеріалів.

#### Екзаменаційний білет №8

Питання 1 Конструкція герметичних з'єднань

Питання 2 Обладнання для аргоно-дугового зварювання металів..

#### Екзаменаційний білет №9

Питання Конструкція герметичних стиків низькотемпературних камер.

Питання 2 Технологія штамповки вибухом

#### Екзаменаційний білет №10

Питання 1 Плазмене та лазерне зварювання металів

Питання 2 Технології герметичного з'єднання різностінних елементів конструкції

#### Екзаменаційний білет №11

Питання 1. Тертя та змащення в вакуумі

Питання 2 Особливості технології механообробки нержавіючої сталі.

#### Екзаменаційний білет №12

Питання 1. Особливості зварювання нержавіючої сталі

Питання Методика розрахунку фланцевого з'єднання в умовах низькотемпературної деформації

#### Екзаменаційний білет №13

Питання 1 . Технології виготовлення плоских днищ герметичних камер.

Питання 2 Особливості герметичного зварювання титану

#### Екзаменаційний білет №14

Питання 1 Класифікація герметичних з'єднань.

Питання 2 Технологія зварювання в захистних газах не плавким електродом..

#### Екзаменаційний білет №15

Питання 1 Припої та флюси для герметичної пайки.

Питання 2 . Конструкційні сталі для низькотемпературного обладнання.

Екзаменаційний білет №16

Питання 1 Особливості герметичного зварювання міді..

Питання 2. Конструкція шлюзових камер...

Екзаменаційний білет №17

Питання 1 Особливості зварювання елементів конструкції різної товщини.

Питання 2 Конструкція герметичних криогенних вікон

Екзаменаційний білет №18

Питання 1 Конструкція герметичних низькотемпературних електричних вводів.

Питання 2 Матеріали для ущільнення криогенних з'єднань

**Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»**

**Діагностика якості вищої освіти  
(екзаменаційні білети навчального предмету  
«Конструкційні особливості низькотемпературних  
установок»**

---

**спеціальність 142 Енергетичне машинобудування**

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок»  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1**

1. Основні матеріали які застосовують в низькотемпературній техніці.
2. Захисні елементи вакуумних та кріогенних камер.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

----- ✂

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок»  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 2**

1. Технології виготовлення еліптичних днищ герметичних камер.
2. Властивість конструкційних матеріалів при низьких температурах.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 3**

1. Основні вимоги, що пред'являються при виборі матеріалів в низькотемпературній техніці.
2. Конструкція опорів та підвісок кріокамер..

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 4**

1. Технологія виготовлення циліндричних оболонок камер.
2. Вплив низькотемпературної деформації на конструкцію вузлів обладнання.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.



Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 5**

1. Вплив вакууму на властивості матеріалів.
2. Конструкція герметичних стиків низькотемпературних камер.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 6**

1. Конструкційні особливості вакуумних та кріогенних камер.
2. Тертя та змащення при низьких температурах.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 7**

1. Конструкція вузлів обертання в низькотемпературних камерах.
2. Герметична пайка конструкційних матеріалів.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

✂ -----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 8**

1. Конструкція герметичних з'єднань.
2. Обладнання для аргоно-дугового зварювання металів.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна \_\_\_\_\_ «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 9**

1. Конструкція герметичних стиків низькотемпературних камер.
2. Технологія штамповки вибухом.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна \_\_\_\_\_ «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 10**

1. Плазмене та лазерне зварювання металів.
2. Технології герметичного з'єднання різностінних елементів конструкції.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 11**

1. Тертя та змащення в вакуумі.
2. Особливості технології механообробки нержавіючої сталі.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

✂-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 12**

1. Особливості зварювання нержавіючої сталі.
2. Методика розрахунку фланцевого з'єднання в умовах низькотемпературної деформації

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна \_\_\_\_\_ «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 13**

1. Технології виготовлення плоских днищ герметичних камер.
2. Особливості герметичного зварювання титану.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна \_\_\_\_\_ «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 14**

1. Класифікація герметичних з'єднань.
2. Технологія зварювання в захистних газах не плавким електродом.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 15**

1. Припої та флюси для герметичної пайки.
2. Конструкційні сталі для низькотемпературного обладнання. .

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна «Конструкційні особливості низькотемпературних установок».  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 16**

1. Особливості герметичного зварювання міді..
2. Конструкція шлюзових камер..

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна \_\_\_\_\_ «Конструкційні особливості низькотемпературних установок»  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 17**

1. Особливості зварювання елементів конструкції різної товщини.
2. Конструкція герметичних кріогенних вікон.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.

✂-----

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра \_\_\_\_\_ Технічна кріофізика  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Енергетика  
Форма навчання \_\_\_\_\_ денна / заочна  
Навчальна дисципліна \_\_\_\_\_ «Конструкційні особливості низькотемпературних установок»  
Семестр \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 18**

1. Конструкція герметичних низькотемпературних електричних ввідів.
2. Матеріали для ущільнення кріогенних з'єднань.

Затверджено на засіданні кафедри технічної кріофізики, протокол № 5 від 7 грудня 2021 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Стариков В.В.

Екзаменатор \_\_\_\_\_ Руденко М.З.