

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Факультет оперативно-рятувальних сил  
Кафедра фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж**

**Змага Я.В., Кришталь М. А., Нуянзін В. М.**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ  
КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ТЕРМОДИНАМІКА І ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»**

для слухачів заочної форми навчання 2.10 років навчання та 3.10 років навчання, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти (спеціальність 263 «Пожежна безпека» та 261 «Цивільна безпека»)

Методичні рекомендації для виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Термодинаміка і теплопередача» для слухачів заочної форми навчання, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти 2.10 років навчання та 3.10 років навчання (напрямок підготовки 263 «Пожежна безпека» 261 «Цивільна безпека»).

Упорядники:

- доцент кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж кандидат технічних наук, доцент Змага Я.В.,
- професор кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж кандидат психологічних наук, професор Кришталь М. А.;
- начальник кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж кандидат технічних наук, доцент. Нуянзін В. М.

Рецензент:

Професор кафедри безпеки об'єктів будівництва та охорони праці ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України д.т.н., професор Поздєєв С. В.

## Зміст

Вступ.

1. Загальні вимоги з виконання контрольної роботи.
2. Основні позначення і одиниці вимірювання величин
3. Основні теми для виконання контрольних робіт та рівень оцінювання
4. Вибір варіанту контрольної роботи
5. Приклади розв'язання задач.

Додатки.

Література.

## ВСТУП

Навчальний процес у вищих навчальних закладах здійснюється у таких формах: навчальні заняття, виконання індивідуальних завдань, самостійна робота студентів, практична підготовка, контрольні заходи.

**Метою** вивчення курсу є: вивчення основних законів, які розкривають сутність процесів передачі теплової енергії і порядок застосування цих законів при розрахунках температурних режимів в умовах пожежі, теплових полів в елементах будівельних конструкцій і вогнестійкості будівельних конструкцій. Теоретично і практично підготувати майбутніх спеціалістів до творчого застосування різних методів розрахунку процесів теплообміну при вирішенні задач забезпечення пожежної безпеки.

**Завдання** курсу є : теоретично і практично підготувати майбутніх спеціалістів до творчого застосування різних методів розрахунку процесів теплообміну при вирішенні задач забезпечення пожежної безпеки.

По закінченню вивчення навчальної дисципліни курсант (студент, слухач) повинен

**знати:**

- фізичну сутність передачі тепла теплопровідністю, конвекцією і випромінюванням;
- основні закони технічної теплопередачі;
- методику розв'язання задач термогазодинаміки при пожежі в приміщенні;
- методику розрахунку теплових полів в елементах будівельних конструкцій;
- методику розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій.

**вміти:**

- аналізувати різноманітні процеси передачі тепла при пожежі, в технологічному обладнанні і в пожежній техніці;
- проводити необхідні розрахунки теплообміну при пожежі;
- застосовувати закони теплообміну при розробці заходів протипожежного захисту будівель і технологічного обладнання;
- проводити вимірювання теплофізичних характеристик матеріалів.

### 3. Програма навчальної дисципліни

Самостійна робота слухача є невід'ємною складовою освітнього процесу у вищому навчальному закладі, в процесі якої заплановані завдання виконуються слухачем під методичним керівництвом науково-педагогічного працівника, але без його безпосередньої участі.

Контрольна робота є обов'язковою формою підсумкового контролю навчальної (зокрема самостійної) роботи слухача та відображає ступінь

засвоєння матеріалу за програмами конкретних дисциплін, якість освітнього процесу.

Цілі проведення контрольної роботи: перевірка, оцінка та аналіз знань слухачів; отримання інформації про характер їх пізнавальної діяльності, рівень самостійності й активності.

У загальній системі організації самостійної роботи слухачів заочної форми навчання особливе місце посідає контрольна робота з навчальної дисципліни. Її метою є не лише перевірка рівня засвоєння навчального матеріалу, але й, що більш важливе, закріплення отриманих теоретичних знань і набутих практичних умінь і навичок.

Дана контрольна робота є одним із етапів вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і теплопередача».

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ З ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Контрольна робота виконується з метою вивчення теоретичних питань загальних розділів теплопередачі і освоєння методики розв'язання задач, необхідних для практичної роботи працівників підрозділів ДСНС України.

Завдання на контрольну роботу складається із 100 варіантів. Дві останні цифри шифра індивідуального плану студента визначають варіант завдання на контрольну роботу.

Наприклад, шифр залікової книжки 1824. Варіант завдання 24. Малюнки до задач поміщені в кінці рекомендацій.

Науково-педагогічний працівник може змінити варіант контрольної роботи з врахуванням специфіки роботи студента.

Робота повинна бути виконана розбірливо, грамотно й охайно оформлена. В зошиті або на листах формату А4 необхідно залишати поля: ліве – 2,5 см, праве, верхнє, нижнє – 2,0 см. Формулювання запитань й умов задач писати обов'язково. Графіки, малюнки, ескізи рекомендовано виконувати кольоровими олівцями (ручками) за допомогою креслярських інструментів або за допомогою спеціальних комп'ютерних програм, при цьому необхідно дотримуватись масштабу.

У кінці роботи необхідно вказати літературу і нормативно-правові документи, які використовувались в ході виконання роботи.

Якщо виникають труднощі під час самостійного вивчення теоретичних питань або розв'язання задач, студент може звернутися за консультацією до науково-педагогічних працівників Інституту.

Оцінюється робота з урахуванням глибини викладення матеріалу, самостійності виконання, вміння пов'язувати теоретичні питання з практичною діяльністю органів і підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС України.

Виконана робота повинна бути своєчасно відправлена на перевірку до навчального закладу. Робота, виконана не за своїм варіантом або є результатом списування з підручника чи іншого джерела, до екзамену не допускається. Така робота виконується повторно з врахуванням зауважень рецензента.

## 2. ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ І ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИН.

### ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ.

$P$  - абсолютний тиск, Па

$P_n$  - надлишковий тиск, Па

$B$  - барометричний тиск, Па

$V$  - об'єм,  $M^3$

$\rho$  - питомий об'єм,  $m^3/kg$

$m$  - вага, кг

$T$  - абсолютна температура, К

$t$  - практична література,  $^{\circ}C$

$R$  - газова стала, Дж/кг К

$\rho$  - густина,  $kg/m^3$

$C_p, C_v$  - питома теплоємність при постійному тискові і постійному об'ємі відповідно, кДж/кг К

$q_i$  - масова частка компонента, який входить в суміш.

$r_i$  - об'ємна частка компонента. Який входить в суміш.

$\mu$  - молярна вага, кг/к моль

$L$  - робота, Дж

$n$  - питома робота, Дж/кг

$\omega$  - швидкість

$K$  - показник адіабати

$n$  - показник політропи

$t$  - практична температура, °С

$Q$  - кількість теплоти, Дж/кг

$q$  - питома кількість теплоти, Дж/кг

## ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

$\Phi$  - тепловий потік, Вт.

$q$  - густина теплового потоку Вт/м<sup>2</sup>

$q_l$  - лінійна густина теплового потоку, Вт/м

$t_f$  - температура рідини /середовища/, °С

$t_w$  - температура поверхні, °С - . •

$t_0$  - початкова температура тіла /конструкції/, °С

$l$  - довжина, лінійний визначаючий розмір, відстані, м.

$\delta$  - товщина тіла /конструкції/ м.

$d$  - діаметр, м

$F$  - плота поверхні теплообміну, м<sup>2</sup>

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності, Вт /м к/

$\alpha_k$  - коефіцієнт теплообміну /тепловіддач/.

$K$  - коефіцієнт теплопередачі, Вт /м<sup>2</sup> к/

$K_l$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт /м<sup>2</sup> к/

$\alpha_t$  - коефіцієнт температуропровідності, м/с.

$\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup>/с.

$\omega$  - швидкість руху рідини, м/с.

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>

$\varepsilon$  - ступінь чорноти.

$\tau$  - час, с; час прогріву конструкції, межа вогнестійкості, год/с

$G$  - витрата теплоносія, кг/с.

## 3. ОСНОВНІ ТЕМИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ ТА РІВЕНЬ ОЦІНЮВАННЯ

### 3.1.Теми змістових модулів.

#### *Термодинаміка.*

Тема 1. Основні поняття термодинаміки.

Основні поняття та визначення термодинаміки. Тиск, температура, об'єм, ентальпія, ентропія, внутрішня енергія, робота, кількість теплоти, теплоємність.

Тема 2. Закони ідеальних газів. Газові суміші.

Закони ідеальних газів. Основні параметри стану робочого тіла. Газові суміші. Розрахунок характеристик газових сумішей. Закони термодинаміки.

Тема 3. Закони термодинаміки.

Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Підготовка до лабораторної роботи з визначення теплоємності повітря.

Тема 4. Термодинаміка рідин і пари.

Термодинамічні властивості рідин і пари. Термодинаміка рідин і пари: основні поняття та визначення. Визначення середньої ізобарної теплоємності технічних рідин. Розрахунок термодинамічних процесів зміни стану водяної пари. Розрахунок процесів із водяною парою.

Тема 5. Основні термодинамічні процеси. Цикли двигунів.

Основні термодинамічні процеси. Основні термодинамічні процеси ідеальних газів. Розрахунок параметрів газів у основних термодинамічних процесах. Розрахунок зміни термодинамічних параметрів у основних термодинамічних процесах.

Тема 6. Термодинаміка витікання.

Термодинаміка процесів витікання газів та пари. Термодинаміка витікання газів. Використання законів витікання при рішенні задач безпеки. Розрахунок витікання з утворенням вибухонебезпечної суміші.

### ***Теплопередача.***

Тема 7. Основні поняття теплопередачі.

Поняття теплоємності речовин. Питома масова і об'ємна теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Теплоємність речовин і будівельних матеріалів. Вплив теплоємності речовин на характер нагрівання будівельних матеріалів і конструкцій за умов пожежі. Поняття теплопровідності речовин. Механізм передачі тепла в твердих тілах, рідинах і газах. Стаціонарний і нестаціонарний режими теплопровідності. Закон теплопровідності Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Теплопровідність речовин і будівельних матеріалів. Температурна залежність коефіцієнту теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності.

Тема 8. Стаціонарна теплопровідність.

Поняття граничних умов для процесів теплопровідності. Розв'язання диференціального рівняння теплопровідності для плоскої одношарової і багатшарової стінки, циліндричної стінки при граничних умовах першого і другого роду. Термічний напір і термічний опір. Методика розрахунку



температурного поля в елементах будівельних конструкцій при стаціонарних умовах і її застосування в пожежній справі.

#### Тема 9. Конвективний теплообмін.

Основні поняття і визначення теплообміну конвекцією. Вплив умов руху рідини і її природи, геометрії і розташування тіл на інтенсивність теплообміну конвекцією. Закон Н'ютона. Коефіцієнт тепловіддачі (теплосприйняття). Диференціальне рівняння переносу тепла при теплообміні конвекцією. Умови однозначності. Основи теорії подібності. Подібність фізичних явищ. Критерії подібності і їх фізичний сенс. Перетворення подібності. Критеріальне рівняння теплообміну. Загальна методика розв'язання задач теплообміну конвекцією в пожежній справі. Методика розв'язання задач теплообміну конвекцією при вільному і вимушеному русі рідин.

#### Тема 10. Променистий теплообмін.

Основні поняття і визначення променевого теплообміну. Основні закони променевого теплообміну: Стефана - Больцмана, Віна, Кірхгофа, Ламберта. Променивий теплообмін між тілами. Коефіцієнт опромінення. Методика розв'язання задач променевого теплообміну в пожежній справі. Випромінювання факела полум'я при пожежі. Методика розрахунку безпечної в пожежному відношенні відстані до факела полум'я. Теплові екрани і особливості їх розрахунку в пожежній справі.

#### Тема 11. Стаціонарна теплопередача.

Загальні поняття і визначення теплопередачі. Коефіцієнти теплопередачі. Повний термічний опір теплопередачі. Рівняння теплопередачі через одношарову і багатошарову плоску і циліндричну стінку. Теплообмін при одночасній дії конвекції і опромінення. Методика розв'язання задач теплопередачі в пожежній справі.

#### Тема 12. Нестаціонарна теплопровідність.

Тепловий баланс при пожежі в приміщенні. Поняття температурного режиму при пожежі в приміщенні. Реальний і стандартний температурний режим. Пожежне навантаження і методика його розрахунку. Методика розрахунку реального температурного режиму при пожежі в приміщенні і теплових потоків від осередку пожежі. Номограми для визначення температури середовища при пожежі.

Коефіцієнт температуропровідності. Вплив температуропровідності будівельних матеріалів на характер розповсюдження тепла в елементах будівельних конструкцій за умов пожежі. Вогнестійкість - поняття і визначення. Провідні задачі розрахунку межі вогнестійкості будівельних конструкцій. Вогнестійкість конструкцій і задачі нестаціонарної теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності. Пряма задача розв'язання диференціального рівняння теплопровідності: розрахунок зміни температурних полів в елементах будівельних конструкцій. Зворотня задача розв'язання диференціального рівняння теплопровідності: розрахунок межі

вогнестійкості будівельних конструкцій. Методика розв'язання прямої і зворотної задачі для напівобмеженого, плоского і циліндричного тіла при граничних умовах першого, другого, третього роду і стандартному температурному режимі. Критерії Біо і Фур'є.

Поняття про чисельні методи розв'язання диференціального рівняння теплопровідності. Метод кінцевих різниць і його застосування при розрахунку меж вогнестійкості будівельних конструкцій простої форми.

Тема 13. Теплообмінні апарати.

Теплообмінні апарати: класифікація і основні схеми. Теплообмінні апарати пожежно - технічного озброєння. Методика конструкторського та перевірконого розрахунку теплообмінних апаратів.

### 3.2. Методи контролю

#### **Форми поточного, модульного та підсумкового контролю**

Контрольні заходи проводяться з метою встановлення рівня засвоєння студентами, слухачами теоретичного матеріалу та рівня сформованих практичних умінь, що передбачені програмою. Такі заходи включають поточний, модульний і підсумковий контроль.

**Поточний контроль** здійснюється під час практичних занять з метою перевірки рівня засвоєння студентом, певної теми навчальної дисципліни.

**Модульний контроль** є невід'ємною частиною кредитно-модульної системи організації навчального процесу. Основна його мета – підвищення якості освіти за рахунок створення умов для системної планомірної роботи студентів протягом усього семестру і надання можливості вивчення і контролю засвоєння теоретичного і практичного матеріалу навчальної дисципліни окремими частинами. Модульний контроль проводиться за навчальним матеріалом, віднесеним до відповідного залікового модулю навчальної дисципліни.

**Підсумковий контроль** проводиться з метою оцінки результатів засвоєння змісту навчального матеріалу. Здійснюється в обсязі, визначеного програмою навчальної дисципліни навчального матеріалу, у терміни, встановлені робочим навчальним планом, та включає написання модульних контрольних робіт та проведення екзамену.

Засоби для проведення поточного контролю, що здійснюється протягом навчального року:

- перевірка конспектів лекцій;
- експрес-опитування на початку практичних та лабораторних занять;
- вибіркове опитування під час розв'язування задач на практичних заняттях.

Засоби для проведення підсумкового контролю:

- модульні роботи у вигляді письмових тестів;
- екзаменаційні білети для складання усного екзамену.

Вид навчальних занять		Кількість навчальних занять	Максимальний бал за вид навчального заняття	Сумарна максимальна кількість балів за видами навчальних занять
<b>1. Поточний контроль</b>				
Модуль 1	лекції	1	2	2
	практичні заняття	1	15	14
Разом за модуль 1				16
Модуль 2	лекції	2	2	4
	Контрольна робота	1	40	40
Разом за модуль 2				44
<b>2. Підсумковий контроль (екзамен)</b>				
Екзамен				40
Разом за всі види навчальних занять та контрольні заходи				100

### **Оцінювання освітніх досягнень здобувачів вищої освіти**

Засоби оцінювання

Засоби оцінювання та методам демонстрування результатів навчання є:

- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних завдань;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах (конференціях, семінарах тощо);
- екзамен.

90-100 балів – в повному обсязі здобувач володіє навчальним матеріалом;

80-89 бали – достатньо повно володіє навчальним матеріалом;

65-79 балів – в цілому володіє навчальним матеріалом;

55-64 балів – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом;

50-54 балів – частково володіє навчальним матеріалом;

35-49 балів – не володіє навчальним матеріалом.

Оцінювання результатів навчання з дисципліни «Термодинаміка і теплопередача» здійснюється за накопичувальною бально-рейтинговою системою, основною метою якої є регулярна й комплексна оцінка результатів навчальної діяльності та сформованості компетентностей.

Оцінювання компетентностей здобувачів здійснюється з використанням трьох шкал:

перша – національна (традиційна) – 4-бальна (чотирибальна);

друга – рейтингова шкала оцінювання – ЄКТС;

третья – накопичувальна шкала – 100-бальна.

### **4. ВИБІР ВАРІАНТУ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

В контрольній роботі студент повинен відповісти на 2 теоретичних питання і розв'язати 3 задачі.

00	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики теплового стану системи.</li> <li>2. Теорія теплових екранів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 600 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожеж.</li> <li>2. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу за допомогою якого можна досягти зменшення температури в плоскій стінці на <math>320^\circ\text{C}</math> при густині теплового потоку <math>750 \text{ Вт/м}^2</math> і товщині стінки 150мм.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 2-рази?</li> </ol>
01	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Методика розрахунку теплових екранів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2 \text{ м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85 \text{ МПа}</math> нагрівають від <math>100^\circ\text{C}</math> до <math>300^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>120 \text{ Вт/м}^2</math>, а температура зовнішньої стінки <math>-10^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з червоної цегли 150мм. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>32000 \text{ Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
02	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способи теплообміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Застосування теплових екранів в практиці пожежної справи.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коли балон нагріли із газом на <math>25\text{К}</math>, показання манометра на балоні збільшилася від 19 атм. До 21 атм. Якою була початкова температура балона?</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з червоної цегли і оштукатуреною вапняно-пісчаною сумішю завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки <math>28\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12\text{C}</math>.</li> <li>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку</li> </ol>

	<p>першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>.</p> <p>Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
<b>03</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоємність речовин і матеріалів (питома, об'ємна, молярна, формули зв'язку).</li> <li>2. Складний теплообмін при стаціонарному режимі. Термічний опір теплопередачі.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 800 Дж. На скільки змінилась температура газу.</li> <li>2. Визначити температуру зовнішньої сторони стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>150 \text{ Вт/м}^2</math>, а температура стінки у приміщенні <math>30^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з червоної цегли товщиною 250мм.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
<b>04</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоємність речовини. Дійсна і середня теплоємність.</li> <li>2. Вивести рівняння теплопередачі для плоскої і циліндричної одношарових стінок.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від <math>27^\circ\text{C}</math> до <math>220^\circ\text{C}</math>. Тиск газу 90 кПа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>430^\circ\text{C}</math> і <math>90^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</li> </ol>
<b>05</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поняття теплопровідності, коефіцієнт теплопровідності. Від чого залежить коефіцієнт теплопровідності?</li> <li>2. Пояснити суть критичного діаметра теплової ізоляції для циліндричної стінки, записати формулу.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Температура на сторонах плоскої стінки відповідно <math>330\text{C}</math> і <math>150\text{C}</math>. Стінка</li> </ol>

	<p>виготовлена з червоної цегли товщиною 125мм. Визначити необхідну товщину теплової ізоляції матеріалу для забезпечення зменшення температури до 90С, якщо товщина теплоізоляційного шару не повинна перевищувати 20мм.</p> <p>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</p>
<b>06</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої одношарової стінки.</li> <li>2. Класифікація та основні схеми теплообмінних апаратів. Пожежна небезпека теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому 2м<sup>3</sup> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 200°С до 700°С. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку 120 Вт/м<sup>2</sup>, а температура зовнішньої стінки -10 °С. Стінка виконана з силікатної цегли 150мм. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</li> <li>3. Димові гази при середній температурі 400 °С рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{\text{вн}} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</li> </ol>
<b>07</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої багатошарової стінки.</li> <li>2. Визначення коефіцієнта опромінення для площадки dF і тіла з кінцевою площею поверхні зведеної до прямокутної форми.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію СН<sub>4</sub>).</li> <li>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з червоної цегли, якщо температура з боку джерела теплового потоку 530 °С, а з іншого боку 110 °С. Густина теплового потоку 820Вт/м.</li> <li>3. Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однобічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна 20 °С. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна 470 °С</li> </ol>
<b>08</b>	<p><b>Питання:</b></p>

	<p>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної одношарової стінки.</p> <p>2. Методика перевірконого розрахунку теплообмінних апаратів.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>.визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначить температуру на зовнішній поверхні печі, якщо температура з боку полум'я 650°C, стінка печі виконана з червоної цегли товщиною 250 мм, а густина теплового потоку рівна 950 Вт/м<sup>2</sup>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень</p> <p>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</p>
<b>09</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної багатошарової стінки.</p> <p>2. Тепловий баланс при пожежі в приміщенні.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>.визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 430°C і 90°C.</p> <p>3. Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однібічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна 20 °С. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна 470 °С</p>
<b>10</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Викласти методику розрахунку задач стаціонарної теплопровідності методом послідовних наближень.</p> <p>2. Методика розрахунку температурного поля за умов реальної пожежі.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 500Вт/м<sup>2</sup>.визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу за допомогою якого можна досягти зменшення температури в плоскій стінці на 200°C при густині теплового потоку 750 Вт/м<sup>2</sup> і товщині стінки 150мм.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить від 150 – до 450 °С?</p>
<b>11</b>	<p><b>Питання:</b></p>

	<p>1. Висновки з законів променевого теплообміну що найчастіше використовуються в практиці пожежної справи.</p> <p>2. Пожежне навантаження приміщення та методика його розрахунку.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. В існуючому <math>2\text{м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85\text{ МПа}</math> нагрівають від <math>100^\circ\text{C}</math> до <math>300^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною <math>140\text{мм}</math> виготовлену з силікатної цегли і оштукатуреною мінеральною ватою завтовшки <math>15\text{мм}</math>. Температура з боку штукатурки <math>28\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12\text{C}</math>.(використати додаток 6).</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні <math>0,8</math>; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>45000\text{Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
<p><b>12</b></p>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</p> <p>2. Температурний режим при пожежі в приміщенні, фактори що на нього впливають.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом на <math>25\text{K}</math>, показання манометра на балоні збільшилася від <math>21\text{ атм.}</math> До <math>30\text{ атм.}</math> Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Визначити температуру зовнішньої сторони стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>150\text{ Вт/м}^2</math>, а температура стінки у приміщенні <math>30^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з силікатної цегли товщиною <math>250\text{мм}</math>.</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{см}</math> і покрито дощатим настилом товщиною <math>\delta_2 = 4\text{см}</math>. Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
<p><b>13</b></p>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Теореми теорії подібності. Критеріальне рівняння подібності.</p> <p>2. Пояснити суть критичного діаметра теплової ізоляції для циліндричної стінки, записати формулу.</p>



	<p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 600 Дж. На скільки змінилась температура газу.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 400°C і 80°C.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого 950 кг/м<sup>3</sup>, якщо відомо: температура обігріваної панелі 950 °С, початкова температура панелі 20 °С, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
14	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теореми теорії подібності. Критеріальне рівняння подібності.</li> <li>2. Температурний режим при пожежі в приміщенні, фактори що на нього впливають.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від 37°C до 240°C. Тиск газу 90 кПа.</li> <li>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку 120 Вт/м<sup>2</sup>, а температура зовнішньої стінки -10 °С. Стінка виконана з шамотної цегли 150мм. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 2-рази?</li> </ol>
15	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</li> <li>2. Стандартний температурний режим. Поняття вогнестійкості будівельних конструкцій.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 800К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію СН<sub>4</sub>).</li> <li>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з силікатної цегли, якщо температура з боку джерела теплового потоку 530 °С, а з іншого боку 110 °С. Густина теплового потоку 820Вт/м.</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
16	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі використовуючи теорію подібності.</li> <li>2. Поняття нестационарної теплопровідності. Диференціальне рівняння нестационарної теплопровідності, коефіцієнт температуропровідності.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому 2м<sup>3</sup> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 200°C до 700°C. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого</li> </ol>

	<p>тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. Визначить температуру на зовнішній поверхні печі, якщо температура з боку полум'я <math>650^{\circ}\text{C}</math>, стінка печі виконана з силікатної цегли товщиною 250 мм, а густина теплового потоку рівна <math>950 \text{ Вт/м}^2</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень</p> <p>3. Димові гази при середній температурі <math>400^{\circ}\text{C}</math> рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{\text{вн}} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</p>
<b>17</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Природа теплообміну конвекцією. Закон конвективного теплообміну Н'ютона, коефіцієнт тепловіддачі.</p> <p>2. Основна задача нестационарної теплопровідності та способи її розв'язання.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 400 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>430^{\circ}\text{C}</math> і <math>90^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</p>
<b>18</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Природа теплообміну конвекцією. Закон конвективного теплообміну Н'ютона, коефіцієнт тепловіддачі.</p> <p>2. Граничні умови теплообміну тіла з довкіллям.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 550 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>430^{\circ}\text{C}</math> і <math>90^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</p>
<b>19</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Застосування теплових екранів в практиці пожежної справи</p> <p>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до <math>900\text{K}</math>. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в)</p>

	<p>зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу за допомогою якого можна досягти зменшення температури в плоскій стінці на <math>220^\circ\text{C}</math> при густині теплового потоку <math>750 \text{ Вт/м}^2</math> і товщині стінки <math>150 \text{ мм}</math>.</p> <p>3. Димові гази при середній температурі <math>400^\circ\text{C}</math> рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого <math>0,15 \text{ м}</math>, з швидкістю <math>8 \text{ м/с}</math>. Відношення <math>l/d_{\text{вн}} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</p>
20	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Дати характеристику випромінювання факелу полум'я при пожежі.</p> <p>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 2-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5 \text{ м}</math> виділилося <math>500 \text{ МДж}</math> тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною <math>140 \text{ мм}</math> виготовлену з шамотної цегли і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки <math>15 \text{ мм}</math>. Температура з боку штукатурки <math>28^\circ\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12^\circ\text{C}</math>. (використати додаток б).</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</p>
21	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Характеристики теплового стану системи.</p> <p>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. В існуючому <math>2 \text{ м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85 \text{ МПа}</math> нагрівають від <math>200^\circ\text{C}</math> до <math>500^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. Температура на сторонах плоскої стінки відповідно <math>330^\circ\text{C}</math> і <math>150^\circ\text{C}</math>. Стінка виготовлена з силікатної цегли товщиною <math>125 \text{ мм}</math>. Визначити необхідну товщину теплової ізоляції матеріалу для забезпечення зменшення температури до <math>90^\circ\text{C}</math>, якщо товщина теплоізоляційного шару не повинна перевищувати <math>20 \text{ мм}</math>.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні <math>0,8</math>; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>60000 \text{ Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
22	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними</p>

	<p>системами.</p> <p>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до 35К, показання манометра на балоні збільшилася від 31 атм. До 41 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 500°C і 120°C.</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>. Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
23	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Способи теплообміну між теплофізичними системами.</p> <p>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 2-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 800 Дж. На скільки змінилась температура газу.</p> <p>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку 120 Вт/м<sup>2</sup>, а температура зовнішньої стінки -10 °С. Стінка виконана з червоної цегли 150мм. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</p> <p>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого 950 кг/м<sup>3</sup>, якщо відомо: температура обігріваної панелі 950 °С, початкова температура панелі 20 °С, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</p>
24	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Теплоємність речивин і матеріалів(питома, об'ємна, молярна, формули зв'язку).</p> <p>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від 47°C до 320°C. Тиск газу 90 кПа.</p> <p>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з шамотної цегли, якщо</p>

	<p>температура з боку джерела теплового потоку <math>530^{\circ}\text{C}</math>, а з іншого боку <math>110^{\circ}\text{C}</math>. Густина теплового потоку <math>820\text{Вт/м}</math>.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшити від <math>150</math> – до <math>450^{\circ}\text{C}</math>?</p>
<b>25</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоємність речовини. Дійсна і середня теплоємність.</li> <li>2. Методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності при стандартному температурному режимі. Формула Яковлева.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою <math>1,5</math> кг ізобарно нагріли до <math>700\text{K}</math>. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити температуру на зовнішній поверхні печі, якщо температура з боку полум'я <math>650^{\circ}\text{C}</math>, стінка печі виконана з шамотної цегли товщиною <math>250</math> мм, а густина теплового потоку рівна <math>950\text{ Вт/м}^2</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
<b>26</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охарактеризувати конвективний теплообмін на пожежі.</li> <li>2. Методика визначення безпечних відстаней та протипожежних розривів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою <math>1,2</math> кг ізобарно нагріли до <math>400\text{K}</math>. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити густина теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною <math>250\text{мм}</math>., якщо температури сторін стінки <math>380^{\circ}\text{C}</math> і <math>70^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950\text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^{\circ}\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^{\circ}\text{C}</math>, товщина панелі <math>0,15</math> (мал. 10).</li> </ol>
<b>27</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поняття теплопровідності, коефіцієнт теплопровідності. Від чого залежить коефіцієнт теплопровідності?</li> <li>2. Вивести рівняння теплопередачі для плоскої і циліндричної одношарових стінок.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2\text{м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85\text{ МПа}</math> нагрівають від <math>400^{\circ}\text{C}</math> до <math>900^{\circ}\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром <math>18/12</math> мм і довжиною <math>10</math> м покритий шаром скляної вати товщиною <math>20</math> мм. Визначити втрату тепла за годину</li> </ol>

	<p>трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні <math>75^{\circ}\text{C}</math>, а зовнішньої поверхні теплоізоляції <math>40^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>60000\text{Вт}/\text{м}^2</math>.</p> <p>Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
28	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої одношарової стінки.</li> <li>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2\text{м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85\text{ МПа}</math> нагрівають від <math>200^{\circ}\text{C}</math> до <math>700^{\circ}\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною <math>250\text{мм}</math>., якщо температури сторін стінки <math>430^{\circ}\text{C}</math> і <math>90^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
29	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої багатошарової стінки.</li> <li>2. Наближені методи розрахунку задачі нестационарної теплопровідності. Метод кінцевих різниць.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою <math>1,2\text{ кг}</math> ізобарно нагріли до <math>400\text{К}</math>. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною <math>250\text{мм}</math>., якщо температури сторін стінки <math>380^{\circ}\text{C}</math> і <math>70^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950\text{ кг}/\text{м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^{\circ}\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^{\circ}\text{C}</math>, товщина панелі <math>0,15</math> (мал. 10).</li> </ol>
30	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної одношарової стінки.</li> <li>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p>

	<p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 650 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>430^\circ\text{C}</math> і <math>90^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</p>
31	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної багатошарової стінки.</p> <p>2. Вивести рівняння теплопередачі для плоскої і циліндричної одношарових стінок.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. В існуючому <math>2 \text{ м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85 \text{ МПа}</math> нагрівають від <math>300^\circ\text{C}</math> до <math>600^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу за допомогою якого можна досягти зменшення температури в плоскій стінці на <math>280^\circ\text{C}</math> при густині теплового потоку <math>750 \text{ Вт/м}^2</math> і товщині стінки 150мм.</p> <p>3 Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>52000 \text{ Вт/м}^2</math>.</p> <p>Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
32	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Викласти методику розрахунку задач стаціонарної теплопровідності методом послідовних наближень.</p> <p>2. Методика розрахунку температурного поля за умов реальної пожежі.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до <math>45\text{К}</math>, показання манометра на балоні збільшилася від 34 атм. До 50 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140 мм виготовлену з керамзитобетону (950) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки <math>28\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12\text{C}</math>. (використати додаток б).</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по</p>

	<p>закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16 \text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4 \text{ см}</math>.</p> <p>Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}</math>.</p>
<b>33</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Методика визначення безпечних відстаней та протипожежних розривів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 900 Дж. На скільки змінилась температура газу.</li> <li>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>120 \text{ Вт/м}^2</math>, а температура зовнішньої стінки <math>-10^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з шамотної цегли 150мм. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
<b>34</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</li> <li>2. Основна задача нестационарної теплопровідності та способи її розв'язання.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від <math>37^\circ\text{C}</math> до <math>240^\circ\text{C}</math>. Тиск газу 90 кПа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>420^\circ\text{C}</math> і <math>100^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить від 150 – до <math>450^\circ\text{C}</math>?</li> </ol>
<b>35</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теореми теорії подібності. Критеріальне рівняння подібності.</li> <li>2. Пояснити суть критичного діаметра теплової ізоляції для циліндричної стінки, записати формулу.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,3 кг ізобарно нагріли до 700К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з керамзитобетону (950), якщо температура з боку джерела теплового потоку <math>530^\circ\text{C}</math>, а з іншого боку <math>110^\circ\text{C}</math>. Густина теплового потоку <math>820 \text{ Вт/м}</math>.</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у</li> </ol>



	двічі.
<b>36</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі використовуючи теорію подібності.</li> <li>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 2-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до 400К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>380^\circ\text{C}</math> і <math>70^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
<b>37</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</li> <li>2. Класифікація та основні схеми теплообмінних апаратів. Пожежна небезпека теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2\text{м}^3</math> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від <math>400^\circ\text{C}</math> до <math>900^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні <math>75^\circ\text{C}</math>, а зовнішньої поверхні теплоізоляції <math>40^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>60000 \text{ Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
<b>38</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висновки з законів променевого теплообміну що найчастіше використовуються в практиці пожежної справи.</li> <li>2. Методика перевірконого розрахунку теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 600 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</li> </ol>

	<p>2. 2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 430°C і 90°C.</p> <p>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</p>
<b>39</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дати характеристику випромінювання факелу полум'я при пожежі.</li> <li>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 2-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому 2м<sup>3</sup> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 400°C до 900°C. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні 75°C, а зовнішньої поверхні теплоізоляції 40°C.</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 60000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
<b>40</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поняття теплопровідності, коефіцієнт теплопровідності. Від чого залежить коефіцієнт теплопровідності?</li> <li>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 2-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки 28С, а з боку цегли -12С.(використати додаток б).</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить від 150 – до 450 °С?</li> </ol>
<b>41</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дати характеристику випромінювання факелу полум'я при пожежі.</li> <li>2. Складний теплообмін при стаціонарному режимі. Термічний опір</li> </ol>

	<p>теплопередачі.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. В існуючому <math>2\text{ м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85\text{ МПа}</math> нагрівають від <math>200^\circ\text{C}</math> до <math>500^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. Температура на сторонах плоскої стінки відповідно <math>330\text{C}</math> і <math>150\text{C}</math>. Стінка виготовлена з шамотної цегли товщиною <math>125\text{мм}</math>. Визначити необхідну товщину теплової ізоляції матеріалу для забезпечення зменшення температури до <math>90\text{C}</math>, якщо товщина теплоізоляційного шару повинна перевищувати <math>20\text{мм}</math>.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні <math>0,8</math>; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>56000\text{Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
42	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</p> <p>2. Теорія теплових екранів.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до <math>25\text{К}</math>, показання манометра на балоні збільшилася від <math>19\text{ атм.}</math> До <math>21\text{ атм.}</math> Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною <math>250\text{мм}</math>., якщо температури сторін стінки <math>380^\circ\text{C}</math> і <math>70^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>. Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
43	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</p> <p>2. Пожежне навантаження приміщення та методика його розрахунку.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Одноатомному газу, кількістю речовини <math>2\text{ моля}</math>, передано кількість теплоти <math>1,5\text{ кДж}</math>. При цьому газ виконав роботу <math>600\text{ Дж}</math>. На скільки</p>

	<p>змінилась температура газу.</p> <p>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>120 \text{ Вт/м}^2</math>, а температура зовнішньої стінки <math>-10 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з силікатної цегли <math>150\text{мм}</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</p> <p>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950 \text{ }^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20 \text{ }^\circ\text{C}</math>, товщина панелі <math>0,15</math> (мал. 10).</p>
<b>44</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики теплового стану системи.</li> <li>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення <math>40 \text{ л}</math> газу при ізобарному нагріванні від <math>54 \text{ }^\circ\text{C}</math> до <math>320 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Тиск газу <math>90 \text{ кПа}</math>.</li> <li>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з керамзитобетону (<math>1030</math>), якщо температура з боку джерела теплового потоку <math>530 \text{ }^\circ\text{C}</math>, а з іншого боку <math>110 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Густина теплового потоку <math>820 \text{ Вт/м}</math>.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить від <math>150</math> – до <math>450 \text{ }^\circ\text{C}</math>?</li> </ol>
<b>45</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності при стандартному температурному режимі. Формула Яковлева.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою <math>1,4 \text{ кг}</math> ізобарно нагріли до <math>900\text{К}</math>. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити температуру на зовнішній поверхні печі, якщо температура з боку полум'я <math>650 \text{ }^\circ\text{C}</math>, стінка печі виконана з керамзитобетону (<math>950</math>) товщиною <math>250 \text{ мм}</math>, а густина теплового потоку рівна <math>950 \text{ Вт/м}^2</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
<b>46</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способи теплообміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Наближені методи розрахунку задачі нестационарної теплопровідності. Метод кінцевих різниць.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5 \text{ м}</math> виділилося <math>500 \text{ МДж}</math> тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густина теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною <math>250\text{мм}</math>., якщо температури сторін</li> </ol>

	<p>стілки 430°C і 90°C.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 2-рази?</p>
47	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Способи теплообміну між теплофізичними системами.</li> <li>Наближені методи розрахунку задачі нестационарної теплопровідності. Метод кінцевих різниць.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>В існуючому 2м<sup>3</sup> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 200°C до 700°C. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>Визначити температуру зовнішньої сторони стінки приміщення, якщо густина теплового потоку 150 Вт/м<sup>2</sup>, а температура стінки у приміщенні 30 °С. Стінка виконана з шамотної цегли товщиною 250мм.</li> <li>Димові гази при середній температурі 400 °С рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{вн} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</li> </ol>
48	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Теплоємність речовини. Дійсна і середня теплоємність.</li> <li>Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:1.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 1200Вт/м<sup>2</sup>.визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</li> <li>У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні 90°C, а зовнішньої поверхні теплоізоляції 40°C.</li> <li>На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
49	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</li> <li>Застосування теплових екранів в практиці пожежної справи.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію СН<sub>4</sub>).</li> <li>Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін</li> </ol>

	<p>стілки 430°C і 90°C.</p> <p>3. Димові гази при середній температурі 400 °С рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{\text{вн}} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</p>
50	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоємність речивин і матеріалів (питома, об'ємна, молярна, формули зв'язку).</li> <li>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому 2м<sup>3</sup> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 300°C до 700°C. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Визначити температуру зовнішньої сторони стінки приміщення, якщо густина теплового потоку 150 Вт/м<sup>2</sup>, а температура стінки у приміщенні 30 °С. Стінка виконана з керамзитобетону (950) товщиною 250мм.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 2-рази?</li> </ol>
51	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої багат шарової стінки.</li> <li>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 400 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 430°C і 90°C.</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 60000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
52	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної одношарової стінки.</li> <li>2. Класифікація та основні схеми теплообмінних апаратів. Пожежна небезпека теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коли балон нагріли із газом до 35К, показання манометра на балоні</li> </ol>

	<p>збільшилася від 56 атм. До 74 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Визначити температуру на внутрішній стороні стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>120 \text{ Вт/м}^2</math>, а температура зовнішньої стінки <math>-10^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з червоної цегли <math>150\text{мм}</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>. Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
<b>53</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної багатошарової стінки.</li> <li>2. Поняття нестационарної теплопровідності. Диференціальне рівняння нестационарної теплопровідності, коефіцієнт температуропровідності.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 800 Дж. На скільки змінилась температура газу.</li> <li>2. Визначити густина теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>400^\circ\text{C}</math> і <math>80^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
<b>54</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Викласти методику розрахунку задач стаціонарної теплопровідності методом послідовних наближень.</li> <li>2. Методика розрахунку теплових екранів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від <math>56^\circ\text{C}</math> до <math>320^\circ\text{C}</math>. Тиск газу 90 кПа.</li> <li>2. Визначити густина теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>230^\circ\text{C}</math> і <math>120^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</li> </ol>
<b>55</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природа теплообміну конвекцією. Закон конвективного теплообміну</li> </ol>

	<p>Н'ютона, коефіцієнт тепловіддачі.</p> <p>2. Температурний режим при пожежі в приміщенні, фактори, що на нього <b>впливають</b>.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до 500К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>430^\circ\text{C}</math> і <math>90^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3. Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однобічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна <math>20^\circ\text{C}</math>. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна <math>470^\circ\text{C}</math>.</p>
56	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</p> <p>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити температуру зовнішньої сторони стінки приміщення, якщо густина теплового потоку <math>150 \text{ Вт/м}^2</math>, а температура стінки у приміщенні <math>30^\circ\text{C}</math>. Стінка виконана з керамзитобетону (1030) товщиною 250мм.</p> <p>3. Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однобічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна <math>20^\circ\text{C}</math>. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна <math>470^\circ\text{C}</math>.</p>
57	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Теорема теорії подібності. Критеріальне рівняння подібності.</p> <p>2. Методика розрахунку реального температурного режиму при пожежі в приміщенні використовуючи номограму.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>500^\circ\text{C}</math> і <math>120^\circ\text{C}</math>.</p>



	<p>3. Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однобічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна 20 °С. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна 470 °С.</p>
<b>58</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі використовуючи теорію подібності.</li> <li>2. Тепловий баланс при пожежі в приміщенні.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 200 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Температура на сторонах плоскої стінки відповідно 330С і 150С. Стінка виготовлена з керамзитобетону (950) товщиною 125мм. Визначити необхідну товщину теплової ізоляції матеріалу для забезпечення зменшення температури до 90С, якщо товщина теплоізоляційного шару не повинна перевищувати 20мм.</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
<b>59</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охарактеризувати конвективний теплообмін на пожежі.</li> <li>2. Методика перевірконого розрахунку теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію СН<sub>4</sub>).</li> <li>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з керамзитобетону (1380), якщо температура з боку джерела теплового потоку 530 °С, а з іншого боку 110 °С. Густина теплового потоку 820Вт/м.</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 56000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
<b>60</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої багатошарової стінки.</li> <li>2. Граничні умови теплообміну тіла з довкіллям.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому 2м<sup>3</sup> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 400°С до 900°С. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого</li> </ol>

	<p>тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні 100°C, а зовнішньої поверхні теплоізоляції 40°C.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшити у 4-рази?</p>
61	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної одношарової стінки.</p> <p>2. Методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності при стандартному температурному режимі. Формула Яковлева.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700 Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140 мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15 мм. Температура з боку штукатурки 28°C, а з боку цегли -12°C. (використати додаток 6).</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 32000 Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
62	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної одношарової стінки.</p> <p>2. Методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності при стандартному температурному режимі. Формула Яковлева.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до 25К, показання манометра на балоні збільшилася від 19 атм. До 21 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250 мм., якщо температури сторін стінки 430°C і 90°C.</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від</p>

	<p>температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16 \text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4 \text{ см}</math>.</p> <p>Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}</math>.</p>
63	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</li> <li>2. Класифікація та основні схеми теплообмінних апаратів. Пожежна небезпека теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 550 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250 мм., якщо температури сторін стінки <math>430^\circ\text{С}</math> і <math>90^\circ\text{С}</math>.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</li> </ol>
64	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</li> <li>2. Методика перевірного розрахунку теплообмінних апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 900 Дж. На скільки змінилась температура газу.</li> <li>2. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу за допомогою якого можна досягти зменшення температури в плоскій стінці на <math>320^\circ\text{С}</math> при густині теплового потоку <math>750 \text{ Вт/м}^2</math> і товщині стінки 150 мм.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваємої панелі <math>950^\circ\text{С}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{С}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
65	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</li> <li>2. Поняття нестационарної теплопровідності. Диференціальне рівняння нестационарної теплопровідності, коефіцієнт температуропровідності.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від <math>27^\circ\text{С}</math> до <math>220^\circ\text{С}</math>. Тиск газу 90 кПа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140 мм виготовлену з червоної цегли і оштукатуреною скло-ватою завтовшки 15 мм. Температура з боку штукатурки <math>28^\circ\text{С}</math>, а з боку цегли <math>-12^\circ\text{С}</math>. (використати додаток 6).</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його</li> </ol>

	температуру збільшити від 150 – до 450 °С?
66	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теорема теорії подібності. Критеріальне рівняння подібності.</li> <li>2. Визначення коефіцієнта опромінення для площадки <math>dF</math> і тіла з кінцевою площею поверхні зведеної до прямокутної форми.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до 500К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>CH_4</math>).</li> <li>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600</math> °С. Початкова температура стіни 20 °С. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</li> <li>3. Димові гази при середній температурі 400 °С рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{вн} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</li> </ol>
67	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі використовуючи теорію подібності.</li> <li>2. Тепловий баланс при пожежі в приміщенні.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки 28С, а з боку цегли -12С.(використати додаток б).</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 56000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
68	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</li> <li>2. Методика розрахунку температурного поля за умов реальної пожежі.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 300 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити температуру на зовнішній поверхні печі, якщо температура з боку полум'я 650°С, стінка печі виконана з керамзитобетону (1030)</li> </ol>

	<p>товщиною 250 мм, а густина теплового потоку рівна <math>950 \text{ Вт/м}^2</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень</p> <p>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</p>
<b>69</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висновки з законів променевого теплообміну що найчастіше використовуються в практиці пожежної справи.</li> <li>2. Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до 400К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>380^\circ\text{C}</math> і <math>70^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваємої панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
<b>70</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дати характеристику випромінювання факелу полум'я при пожежі.</li> <li>2. Методика визначення безпечних відстаней та протипожежних розривів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2\text{м}^3</math> водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від <math>100^\circ\text{C}</math> до <math>500^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Початкова температура стіни <math>20^\circ\text{C}</math>. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить від 150 – до <math>450^\circ\text{C}</math>?</li> </ol>
<b>71</b>	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способи теплообміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Аналітична методика розрахунку задач нестационарної теплопровідності для граничних умов 2-го роду.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм.</li> </ol>

	<p>Температура з боку штукатурки 28С, а з боку цегли -12С.(використати додаток 6).</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 45000Вт/м<sup>2</sup>.</p> <p>Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
72	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Променевий теплообмін між нескінченно паралельними пластинами.(вивести рівняння використовуючи закон Стефана-Больцмана)</p> <p>2. Застосування теплових екранів в практиці пожежної справи.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до 45К, показання манометра на балоні збільшилася від 35 атм. До 46 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600\text{ }^\circ\text{C}</math>. Початкова температура стіни <math>20\text{ }^\circ\text{C}</math>. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</p> <p>3. При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600\text{ }^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20\text{ }^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>.</p> <p style="text-align: right;"><math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math></p> <p>Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон</p>
73	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Теплоємність речивин і матеріалів(питома, об'ємна, молярна, формули зв'язку).</p> <p>2. Променевий теплообмін між тілами довільно орієнтованими в просторі. Коефіцієнт опромінення.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 600 Дж. На скільки змінилась температура газу.</p> <p>2. Визначити густина теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 530°C і 230°C.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його</p>

	температуру збільшить у 2-рази?
74	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поняття теплопровідності, коефіцієнт теплопровідності. Від чого залежить коефіцієнт теплопровідності?</li> <li>2. Теорія теплових екранів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від 34°C до 230°C. Тиск газу 90 кПа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з шамотної цегли і оштукатуреною скло-ватою завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки 28С, а з боку цегли -12С.(використати додаток 6).</li> <li>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого 950 кг/м<sup>3</sup>, якщо відомо: температура обігріваної панелі 950 °С, початкова температура панелі 20 °С, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</li> </ol>
75	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики теплового стану системи.</li> <li>2. Основна задача нестационарної теплопровідності та способи її розв'язання.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,5 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію СН<sub>4</sub>).</li> <li>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600</math> °С. Початкова температура стіни 20 °С. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 52000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
76	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Пожежне навантаження приміщення та методика його розрахунку.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію СН<sub>4</sub>).</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 420°C і 100°C.</li> <li>3. Димові гази при середній температурі 400 °С рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{вн} &gt; 50</math>.</li> </ol>

	Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.
77	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Температурний режим при пожежі в приміщенні, фактори що на нього впливають.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,4 кг ізобарно нагріли до 900К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити товщину стінки печі виготовленої з керамзитобетону (1380), якщо температура з боку джерела теплового потоку <math>530^\circ\text{C}</math>, а з іншого боку <math>110^\circ\text{C}</math>. Густина теплового потоку <math>820\text{Вт/м}</math>.</li> <li>3. Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однобічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна <math>20^\circ\text{C}</math>. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна <math>470^\circ\text{C}</math>.</li> </ol>
78	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для плоскої одношарової стінки.</li> <li>2. Вивести рівняння теплопередачі для плоскої і циліндричної одношарових стінок.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700\text{Вт/м}^2</math>. визначити скільки годин продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки <math>28\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12\text{C}</math>. (використати додаток б).</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
79	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природа променевого теплообміну. Навести приклади променевого теплообміну в природі і на пожежі.</li> <li>2. Пояснити суть критичного діаметра теплової ізоляції для циліндричної стінки, записати формулу.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до 400К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в)</li> </ol>



	<p>зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>380^\circ\text{C}</math> і <math>70^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950 \text{ кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</p>
<b>80</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</p> <p>2. Граничні умови теплообміну тіла з довкіллям.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. В існуючому <math>2\text{м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85 \text{ МПа}</math> нагрівають від <math>200^\circ\text{C}</math> до <math>600^\circ\text{C}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. Температура на сторонах плоскої стінки відповідно <math>330\text{C}</math> і <math>150\text{C}</math>. Стінка виготовлена з керамзитобетону (1030) товщиною 125мм. Визначити необхідну товщину теплової ізоляції матеріалу для забезпечення зменшення температури до <math>90\text{C}</math>, якщо товщина теплоізоляційного шару повинна перевищувати 20мм.</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшити від <math>150</math> – до <math>450^\circ\text{C}</math>?</p>
<b>81</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Охарактеризувати конвективний теплообмін на пожежі.</p> <p>2 Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5 \text{ м}</math> виділилося <math>700 \text{ МДж}</math> тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром <math>18/12 \text{ мм}</math> і довжиною <math>10 \text{ м}</math> покритий шаром скляної вати товщиною <math>20 \text{ мм}</math>. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні <math>80^\circ\text{C}</math>, а зовнішньої поверхні теплоізоляції <math>40^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні <math>0,8</math>; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>52000 \text{ Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
<b>82</b>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Висновки з законів променевого теплообміну що найчастіше використовуються в практиці пожежної справи.</p>

	<p>2 Розв'язок диф. рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 1-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до 45К, показання манометра на балоні збільшилася від 67 атм. До 89 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>2.Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 430°C і 90°C.</p> <p>3.При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^\circ\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>. Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
83	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Променевий теплообмін між нескінченно паралельними пластинами.(вивести рівняння використовуючи закон Стефана-Больцмана)</p> <p>2 Складний теплообмін при стаціонарному режимі. Термічний опір теплопередачі.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 900 Дж. На скільки змінилась температура газу.</p> <p>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні 110°C, а зовнішньої поверхні теплоізоляції 40°C.</p> <p>3.Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого 950 кг/м<sup>3</sup>, якщо відомо: температура обігріваної панелі 950 °С, початкова температура панелі 20 °С, товщина панелі 0,15 (мал. 10)</p>
84	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</p> <p>2 Складний теплообмін при стаціонарному режимі. Термічний опір теплопередачі.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від 45°C до 440°C. Тиск газу 90 кПа.</p>

	<p>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600</math> °С. Початкова температура стіни 20 °С. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>52000 \text{ Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
85	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоємність речовин і матеріалів (питома, об'ємна, молярна, формули зв'язку).</li> <li>2 Вивести рівняння теплопередачі для плоскої та циліндричної одношарової стінки.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 650 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700 \text{ Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>430^\circ\text{C}</math> і <math>90^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</li> </ol>
86	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної одношарової стінки.</li> <li>2 Температурний режим при пожежі в приміщенні, фактори, що впливають на нього.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гелій масою 1,3 кг ізобарно нагріли до 600К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</li> <li>2. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу за допомогою якого можна досягти зменшення температури в плоскій стінці на <math>200^\circ\text{C}</math> при густині теплового потоку <math>750 \text{ Вт/м}^2</math> і товщині стінки 150мм.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить від 150 – до <math>450^\circ\text{C}</math>?</li> </ol>
87	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вивести рівняння теплопровідності Фур'є для циліндричної багатошарової стінки.</li> <li>2 Поняття нестационарної теплопровідності. Диференціальне рівняння нестационарної теплопровідності, коефіцієнт температуропровідності.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу</li> </ol>

	<p>складала <math>700\text{Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з червоної цегли і оштукатуреною скло-ватою завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки <math>28\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12\text{C}</math>. (використати додаток 6).</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: <math>56000\text{Вт/м}^2</math>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
88	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Природа променевого теплообміну. Навести приклади променевого теплообміну в природі і на пожежі.</p> <p>2 Розв'язання диференціального рівняння нестационарної теплопровідності для граничних умов 3-го роду.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром <math>8 \times 7 \times 2,5</math> м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала <math>700\text{Вт/м}^2</math>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки <math>28\text{C}</math>, а з боку цегли <math>-12\text{C}</math>. (використати додаток 6).</p> <p>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</p>
89	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Викласти методику розрахунку задач стаціонарної теплопровідності методом послідовних наближень.</p> <p>2 Методика розрахунку реального температурного режиму при пожежі в приміщенні використовуючи номограму.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до <math>400\text{K}</math>. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки <math>380^\circ\text{C}</math> і <math>70^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого <math>950\text{кг/м}^3</math>, якщо відомо: температура обігріваної панелі <math>950^\circ\text{C}</math>, початкова температура панелі <math>20^\circ\text{C}</math>, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</p>
90	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Висновки з законів променевого теплообміну що найчастіше використовується в практиці пожежної справи.</p>

	<p>2 Методика визначення безпечних відстаней та протипожежних розривів.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1.Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>.визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2.Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140мм виготовлену з керамзитобетон (1030) і оштукатуреною вапняно-піщаним розчином завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки 28С, а з боку цегли -12С.(використати додаток б).</p> <p>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</p>
<p><b>91</b></p>	<p>Питання:</p> <p>1. Елементи теорії подібності. Критерії подібності.</p> <p>2 Теорія теплових екранів.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. В існуючому 2м<sup>3</sup>водяної пари при сталому тиску 0,85 МПа нагрівають від 400°С до 900°С. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</p> <p>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні 75°С, а зовнішньої поверхні теплоізоляції 40°С.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 60000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
<p><b>92</b></p>	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Теореми теорії подібності. Критеріальні рівняння подібності.</p> <p>2 Застосування теплових екранів в практиці пожежної справи.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Коли балон нагріли із газом до 25К, показання манометра на балоні збільшилася від 22 атм. до 44 атм. Якою була початкова температура балона?</p> <p>Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600</math> °С. Початкова температура стіни 20 °С. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</p> <p>3.При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища <math>t_f = 600^{\circ}\text{C}</math>. Температура в приміщенні з боку</p>

	<p>першого поверху <math>t_f'' = 20^\circ\text{C}</math>. Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури <math>t</math> середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону <math>\alpha = 11,63e^{0,0023t}</math>. Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною <math>\delta_1 = 16\text{ см}</math> і покрито дощатим настилем товщиною <math>\delta_2 = 4\text{ см}</math>.</p> <p>Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон <math>\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}</math>.</p>
93	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі використовуючи теорію подібності.</li> <li>2 Теорія теплових екранів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одноатомному газу, кількістю речовини 2 моля, передано кількість теплоти 1,5 кДж. При цьому газ виконав роботу 600 Дж. На скільки змінилась температура газу.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску двохшарову стінку загальною товщиною 140 мм виготовлену з керамзитобетону (950) і оштукатуреною скло-ватою завтовшки 15мм. Температура з боку штукатурки 28С, а з боку цегли -12С.(використати додаток 6).</li> <li>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 32000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</li> </ol>
94	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охарактеризуйте конвективний теплообмін при пожежі.</li> <li>2 Наближені методи розрахунку задачі нестационарної теплопровідності. Методи кінцевих різниць.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 600 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</li> <li>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 430°C і 90°C.</li> <li>3. У скільки разів зміниться інтенсивність випромінювання тіла якщо його температуру збільшить у 4-рази?</li> </ol>
95	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дати характеристику випромінювання факелу полум'я при пожежі.</li> <li>2 Методика перевірконого розрахунку теплообмінного апаратів.</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити роботу розширення 40 л газу при ізобарному нагріванні від 56°C до 520°C. Тиск газу 90 кПа.</li> </ol>

	<p>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600</math> °С. Початкова температура стіни 20 °С. Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</p> <p>3. Димові гази при середній температурі 400 °С рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого 0,15 м, з швидкістю 8 м/с. Відношення <math>l/d_{\text{вн}} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</p>
96	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Променевий теплообмін між нескінченно паралельними пластинами (вивести рівняння використовуючи закон Стефана - Больцмана).</p> <p>2 Граничні умови теплообміну тіла з довкіллям.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Гелій масою 1,2 кг ізобарно нагріли до 400К. Необхідно знайти: а) роботу, що здійснив гелій, б) кількість теплоти, що передано гелію, в) зміну внутрішньої енергії. (хімічна формула гелію <math>\text{CH}_4</math>).</p> <p>2. Визначити густину теплового потоку через плоску одношарову стінку виготовлену з червоної цегли товщиною 250мм., якщо температури сторін стінки 380°С і 70°С.</p> <p>3. Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого 950 кг/м<sup>3</sup>, якщо відомо: температура обігріваної панелі 950 °С, початкова температура панелі 20 °С, товщина панелі 0,15 (мал. 10).</p>
97	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Сформулювати основні закони променевого теплообміну, дати графічне тлумачення.</p> <p>2 Стандартний температурний режим. Поняття вогнестійкості будівельних конструкцій.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <p>1. Протягом усього часу пожежі в приміщенні розміром 8x7x2,5 м виділилося 500 МДж тепла. Густина теплового потоку усього часу складала 700Вт/м<sup>2</sup>. визначити скільки годи продовжувалася пожежа.</p> <p>2. У житловому будинку прокладений опалювальний сталевий трубопровід діаметром 18/12 мм і довжиною 10 м покритий шаром скляної вати товщиною 20 мм. Визначити втрату тепла за годину трубопроводом, якщо температура його внутрішньої поверхні 100°С, а зовнішньої поверхні теплоізоляції 40°С.</p> <p>3. Визначити потрібну кількість екрануючих шарів з шліфованої листової сталі для захисту дерев'яної конструкції від променистої теплової енергії, якщо ступінь чорноти випромінюючої поверхні 0,8; густина теплового потоку від випромінюючої поверхні дорівнює: 45000Вт/м<sup>2</sup>. Ступінь чорноти матеріалу екрана, соснової шорсткої деревини прийняти по відповідному додатку.</p>
98	<p><b>Питання:</b></p> <p>1. Викласти методику розрахунку задач стаціонарної теплопровідності методом послідовних наближень.</p> <p>2 Основна задача нестационарної теплопровідності та способи її</p>

	<p>розв'язання.</p> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2\text{ м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85\text{ МПа}</math> нагрівають від <math>200^\circ\text{С}</math> до <math>700^\circ\text{С}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Визначить температуру на зовнішній поверхні печі, якщо температура з боку полум'я <math>650^\circ\text{С}</math>, стінка печі виконана з керамзитобетону (1380) товщиною <math>250\text{ мм}</math>, а густина теплового потоку рівна <math>950\text{ Вт/м}^2</math>. Задачу розв'язати методом послідовних наближень.</li> <li>3. На який кут слід повернути плоску поверхню галогенної лампи, щоб максимальна інтенсивність опромінення у точці проти центра упала у двічі.</li> </ol>
99	<p><b>Питання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики інтенсивності теплового обміну між теплофізичними системами.</li> <li>2. Поняття теплопровідності, коефіцієнт теплопровідності. Від чого залежить коефіцієнт теплопровідності?</li> </ol> <p><b>Задачі:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В існуючому <math>2\text{ м}^3</math> водяної пари при сталому тиску <math>0,85\text{ МПа}</math> нагрівають від <math>200^\circ\text{С}</math> до <math>700^\circ\text{С}</math>. Визначити кінцевий об'єм пари, кількість переданого тепла і роботу, зроблену паром при нагріванні; приймаючи залежність теплоємності від температури нелінійною. (для розв'язку задач використовуйте додаток 4).</li> <li>2. Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною <math>12,5\text{ см}</math>. Нагрівається середовищем температура якого <math>t_f = 600^\circ\text{С}</math>. Початкова температура стіни <math>20^\circ\text{С}</math>. Розрахувати температурне поле в плиті протягом <math>1,5</math> години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.</li> <li>3. Димові гази при середній температурі <math>400^\circ\text{С}</math> рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого <math>0,15\text{ м}</math>, з швидкістю <math>8\text{ м/с}</math>. Відношення <math>l/d_{\text{вн}} &gt; 50</math>. Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.</li> </ol>

## 5. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ.

### Приклад 1.

Визначить температуру на зовнішній поверхні печі і зробіть висновок про можливість її експлуатації, якщо вона встановлена у житловому приміщенні. Стіни печі виконані з шамотної цегли товщиною  $0,125\text{ м}$ . Температура на внутрішній поверхні печі і питомий тепловий потік відповідно рівні:  $t_1 = 400^\circ\text{С}$  ;

$q = 1500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ . Задачу розв'язати методом послідовних наближень.



Дано:

$$t_1 = 400^\circ\text{C};$$

$$\delta = 0,125\text{ м};$$

$$\lambda_0 = 0,835 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}};$$

$$\beta = 0,00058 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}^2};$$

$$q = 1500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$t_2 = ?$

Розв'язання:

Температуру  $t_2$  визначимо за формулою  $t_2 = t_1 - q \frac{\delta}{\lambda_t}$ .

Середня температура дорівнює  $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ .

Температуру  $t_2$  приймемо рівною  $100^\circ\text{C}$ .

$$t_{cp} = \frac{400^\circ\text{C} + 100^\circ\text{C}}{2} = 250^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопровідності рівний  $\lambda_{t_{cp}} = \lambda_0 + \beta \cdot t_{cp}$ ;

$$\lambda_{t_{cp}} = 0,835 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}} + 0,00058 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}^2} \cdot 250^\circ\text{C} = 0,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$$

Знайдемо температуру  $t_2$  у першому наближенні

$$t_2^{(1)} = 400^\circ\text{C} - 1500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \frac{0,125\text{ м}}{0,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}} = 208,7^\circ\text{C}.$$

Різниця температур  $\Delta = \frac{208,7^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C}} \cdot 100\% \approx 109\%$  більша ніж  $5\%$ .

Приймаємо температуру  $t_2$  у другому наближенні рівною  $208,7^\circ\text{C}$ .

Тоді середня температура рівна  $t_{cp} = \frac{400^\circ\text{C} + 208,7^\circ\text{C}}{2} = 304,3^\circ\text{C}$ .

$$\lambda_{t_{cp}} = 0,835 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}} + 0,00058 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}^2} \cdot 304,3^\circ\text{C} = 1,011 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}.$$

Температура  $t_2$  рівна

$$t_2^{(2)} = 400^\circ\text{C} - 1500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \frac{0,125\text{ м}}{1,011 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}} = 214,6^\circ\text{C}.$$

Різниця температур  $\Delta = \frac{214,6^\circ\text{C} - 208,7^\circ\text{C}}{208,7^\circ\text{C}} \cdot 100\% \approx 4,3\%$ .

Для точності розрахунку знайдемо температуру  $t_2$  у третьому наближенні.

Приймемо  $t_2$  рівною  $214,6^\circ\text{C}$ .

Тоді середня температура рівна  $t_{cp} = \frac{400^\circ\text{C} + 214,6^\circ\text{C}}{2} = 307,3^\circ\text{C}$ .

$$\lambda_{t_{cp}} = 0,835 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}} + 0,00058 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}^2} \cdot 307,3^\circ\text{C} = 1,013 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}.$$

Температура  $t_2$  рівна

$$t_2^{(3)} = 400^\circ\text{C} - 1500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \frac{0,125\text{ м}}{1,013 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}} = 214,9^\circ\text{C} \approx 215^\circ\text{C}.$$

Різниця температур  $\Delta = \frac{214,9^\circ\text{C} - 214,6^\circ\text{C}}{214,6^\circ\text{C}} \cdot 100\% \approx 0,14\% \ll 5\%$ .

Необхідна точність досягнута.

Висновок: Температура на зовнішній поверхні печі дорівнюватиме  $t_2 = 215^\circ\text{C}$ .

Використовувати в житловому приміщенні неможливо за рахунок пожежонебезпечності.

## Приклад 2.

При довготривалій пожежі в підвальному приміщенні встановилась температура середовища  $t_f = 600^\circ\text{C}$ . Температура в приміщенні з боку першого поверху  $t_f'' = 20^\circ\text{C}$ . Коефіцієнти теплообміну в залежності від температури  $t$  середовища і тіла, що віддають тепло, змінюються по закону  $\alpha = 11,63e^{0,0023t}$ .

Визначити температуру на поверхні перекриття з боку першого поверху, а також температуру на внутрішній поверхні дощатого настилу, якщо перекриття зроблено з піщаного бетону товщиною  $\delta_1 = 16\text{ см}$  і покрито дощатим настилем товщиною  $\delta_2 = 4\text{ см}$ . Коефіцієнт теплопровідності деревини поперек волокон

$$\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Дано:

$$t_f = 600^\circ\text{C};$$

$$t_f'' = 20^\circ\text{C};$$

$$\alpha = 11,63e^{0,0023t};$$

$$\delta_1 = 16\text{ см};$$

$$\delta_2 = 4\text{ см};$$

$$\lambda_1 = 1,05 - 5,8 \cdot 10^{-4} t_m;$$

$$\lambda_2 = 0,168 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$q - ?$

Розв'язання:

1. Задачу розв'язуємо методом послідовних наближень.

Приймаємо у першому наближенні  $t_{\omega 1} = 550^\circ\text{C}$ ,  $t_{\omega 2} = 200^\circ\text{C}$ ,

$t_{\omega 3} = 100^\circ\text{C}$ . Тоді маємо:

а) середня температура бетону

$$t_m = \frac{550 + 200}{2} = 375^\circ\text{C};$$

б) коефіцієнт теплопровідності бетону

$$\lambda_1 = 1,05 - 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0,833 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}};$$

в) коефіцієнт теплообміну

$$\alpha_1 = 11,63e^{0,0023 \cdot 600} = 46,228 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\alpha_2 = 11,63e^{0,0023 \cdot 100} = 14,638 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

2. Коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{46,228} + \frac{0,16}{0,833} + \frac{0,04}{0,168} + \frac{1}{14,638}} = 1,923 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

3. Густина теплового потоку

$$q = k \cdot \Delta t = 1,923 \cdot (600 - 20) = 1115 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

4. Температура перекриття з боку підвалу

$$t_{\omega 1} = t_f' - \frac{q}{\alpha_1} = 600 - \frac{1115}{46,228} = 576^\circ\text{C}.$$

5. Температура на зовнішній поверхні підлоги

$$t_{\omega 3} = t_f'' + \frac{q}{\alpha_2} = 20 + \frac{1115}{14,638} = 96^\circ\text{C}.$$

6. Температуру на внутрішній поверхні підлоги визначимо за законом Фур'є:

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{\omega 1} - t_{\omega 2}),$$

$$t_{\omega 2} = t_{\omega 1} - \frac{q \cdot \delta_1}{\lambda_1} = 575 - \frac{1115 \cdot 0,16}{0,833} = 361^\circ\text{C}.$$

7. Приймаючи отримані у першому наближенні величини  $t_{\omega 1}$ ,  $t_{\omega 2}$  і  $t_{\omega 3}$  за вихідні у другому наближенні і повторюючи розрахунки у ті ж же послідовності отримуємо:  $t_{\omega 1} = 577^\circ\text{C}$ ,  $t_{\omega 2} = 354^\circ\text{C}$ ,  $t_{\omega 3} = 95^\circ\text{C}$ .

### Приклад 3.

В підсобному приміщенні будинку прокладений паропровід діаметром  $d_1/d_2 = 50/53$ . Температура пари  $t_f' = 130^\circ\text{C}$ . Температура повітря в приміщенні  $t_f'' = 10^\circ\text{C}$ . Коефіцієнти теплообміну  $\alpha_1 = 5000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ ,  $\alpha_2 = 15,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ . Коефіцієнт теплопровідності сталі  $\lambda = 40 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ . Визначити втрати тепла одним погонним метром паропроводу  $q_e$  і температуру на зовнішній поверхні  $t_{\omega 2}$ .

Дано:

$$d_1/d_2 = 50/53;$$

$$t_f' = 130^\circ\text{C};$$

$$t_f'' = 10^\circ\text{C};$$

$$\alpha_1 = 5000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$\alpha_2 = 15,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$\lambda = 40 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$q_e - ?$$

$$t_{\omega 2} - ?$$

Розв'язання:

1. Обчислимо коефіцієнт теплопередачі

$$k_e = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5000 \cdot 0,05} + \frac{2,303}{40} \lg \frac{53}{50} + \frac{1}{15,7 \cdot 0,053}} = \frac{1}{0,004 + 0,00072 + 1,18} = 0,835 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

2. Втрати тепла одним погонним метром паропроводу

$$q_e = \pi k_e (t_f' - t_f'') = 3,14 \cdot 0,835 (130 - 10) = 314 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

3. Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні паропроводу

$$k_2 = \frac{k_e}{d_2} = \frac{0,835}{0,053} = 15,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

3. Густина теплового потоку, віднесена до зовнішній поверхні паропроводу

$$q = k_2 (t_f' - t_f'') = 15,7 (130 - 10) = 1880 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

5. Температура на зовнішній поверхні паропроводу

$$t_{\omega 2} = t_f'' + \frac{q}{\alpha_2} = 10 + \frac{1880}{15,7} \approx 130^\circ\text{C},$$

тобто в практичних розрахунках температура на зовнішній поверхні паропроводу може бути прийнята рівною температурі пари.

### Приклад 4.

Визначить величину поверхні змійовика і температури на зовнішній та внутрішній поверхні камери. Термічним опором труб змійовика знехтувати і застосувати формули розрахунку теплопередачі для плоскої стінки.

**Дано:**

Температура в камері –  $t_1=80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура повітря –  $t_2=10\text{ }^{\circ}\text{C}$

тиск пари  $p=0.3\text{МПа}$

Коефіцієнт тепловіддачі від пари до поверхні труб  $\alpha_1 = 5100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

Коефіцієнт тепловіддачі від труб до повітря в камері  $\alpha_2 = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до внутрішньої поверхні камери

$$\alpha_3 = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стін камери до оточуючого повітря

$$\alpha_4 = 4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

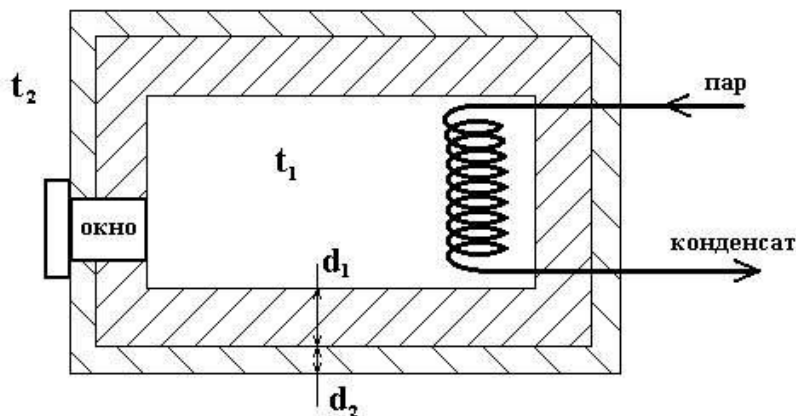
Матеріал стін камери: цегла червона.

Товщина стінки камери-  $d_1 = 180(\text{мм})$

Матеріал ізоляції: штукатурка азбоцементна.

Товщина ізоляції-  $d_2 = 25(\text{мм})$

Поверхня стін камери-  $F_a = 160\text{м}^2$



**Розв'язання**

Візьмемо для азбоцементної штукатурки ( $\lambda = 0,042 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ).

1). Розрахуємо густину теплового потоку через систему червона цегла-азбоцементна штукатурка:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_4}} = \frac{80 - 10}{\frac{1}{9} + \frac{180 \cdot 10^{-3}}{0.7} + \frac{25 \cdot 10^{-3}}{0.042} + \frac{1}{5}} = 60.16 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right)$$

2). Розрахуємо температуру:

а). на поверхні червоної цегли:

$$t_x = t_1 - q \cdot \frac{1}{\alpha_3} = 80 - 60.16 \cdot \frac{1}{9} \approx 73.3(^{\circ}\text{C})$$

б). між шарами:

$$t_c = t_1 - q \cdot \left( \frac{1}{\alpha_3} + \frac{d_1}{\lambda_1} \right) = 80 - 60.16 \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{180 \cdot 10^{-3}}{0.7} \right) \approx 57.8(^{\circ}\text{C})$$

в). на поверхні азбоцементної штукатурки:

$$t_e = t_1 - q \cdot \left( \frac{1}{\alpha_3} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \right) = 80 - 60.16 \cdot \left( \frac{1}{9} + \frac{180 \cdot 10^{-3}}{0.7} + \frac{25 \cdot 10^{-3}}{0.042} \right) \approx 22(^{\circ}\text{C})$$

3). Розрахуємо тепловий потік на поверхні стінки:

$$Q = q \cdot F_a = 60.16 \cdot 160 = 9625.6(\text{Вт})$$

4). Розрахуємо площу поверхні зміювика:

$$F_3 = \frac{Q_3}{q_3}, \text{ т.к. } Q = Q_3, \text{ то } F_3 = \frac{Q}{q_3}$$

Так як за умовою задачі необхідно застосувати формули для розрахунку тепловіддачі через плоску стінку, то звідси слідує:  $q_3 = \frac{t_{ж} - t_1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ ,

де  $t_{ж}$  - середня температура робочої рідини,  $d, \lambda$  - характеристики матеріалу зміювика. Так як коефіцієнт теплопровідності у металів великий, а  $d$  в нашому випадку малий, то  $\frac{d}{\lambda} \rightarrow 0$ , звідкіль слідує, що  $q_3 = \frac{t_{ж} - t_1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}$

Так як у зміювик потрапляє пара, а виходить конденсат, то температуру робочої рідини (води) при  $p = 0.3 \text{ МПа}$  можна прийняти рівною  $133.54^{\circ}\text{C}$ , то

$$q_3 = \frac{133.54 - 80}{\frac{1}{5100} + \frac{1}{11}} = \frac{53.54}{0.091} \approx 588.3 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right) \Rightarrow F_3 = \frac{9625.6}{588.3} = 16.36(\text{м}^2)$$

### Приклад 5.

Димові гази при середній температурі  $400^{\circ}\text{C}$  рухаються по каналу, внутрішній діаметр якого  $0,15 \text{ м}$ , з швидкістю  $8 \text{ м/с}$ . Відношення  $l/d_{\text{вн}} > 50$ . Визначити коефіцієнт теплообміну конвекцією між димовими газами і внутрішньою поверхнею каналу.

Дано

Рідина-димові гази

$$t_1 = 400^{\circ}\text{C}$$

$$d_{\text{вн}} = 0,15$$

$$\omega = 8 \text{ м/с}$$

$$l/d_{\text{вн}} > 50$$

$d_k$  - ?

### Розв'язання

а) аналіз даних і формул.

Задача на конвективний теплообмін при вимушеному русі рідини – димових газів.

1. Користуючись додатком 9, залишимо фізичні параметри димових газів при визначаючій температурі  $400^{\circ}\text{C}$ :

$$\lambda = 5,68 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\nu = 60,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$P_r = 0,64$$

2. Коефіцієнт теплообміну конвекцією визначається із виразу критерію Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha_k \cdot l}{\lambda} \quad Nu - ?$$

3. Щоб вибрати розрахункове рівняння для визначення критерію Nu, необхідно визначити режим руху рідини:

$$R_e = \frac{\omega \cdot l}{\nu} = \frac{8 \cdot 0,15}{60,38 \cdot 10^{-6}} = 19900$$

$$R_e = 19900 > 10000 - \text{режим турбулентний}$$

Отже

$$Nu = 0,021 \cdot R_e^{0,8} \cdot P_r^{0,43} \cdot \left( \frac{P_{r1}}{P_{r2} \cdot \omega} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon l$$

$$\text{де для газів} \left( \frac{P_{r1}}{P_{r2} \cdot \omega} \right) = 1,$$

б) розрахунки:

1. Визначимо величину критерію Nu:

$$Nu = 0,021 \cdot 19900^{0,8} \cdot 0,64^{0,43};$$

$$\text{Позначимо: } N_1 = 19900^{0,8}$$

$$N_2 = 0,64^{0,43};$$

$$\lg N_1 = 0,8 \cdot \lg 19900 = 0,8 \cdot 4,2989 = 3,4391$$

$$N_1 = 2749$$

$$\lg N_2 = 0,43 \cdot \lg 0,64 = 0,43 \cdot (-1,8062) = -0,0833 = 1,9167$$

$$N_2 = 0,8253$$

$$\text{Тоді } Nu = 0,021 \cdot 2749 \cdot 0,8253 = 47,7$$

2. Визначаємо коефіцієнт теплообміну конвекцією:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{47,7 \cdot 0,0568}{0,15} = 18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

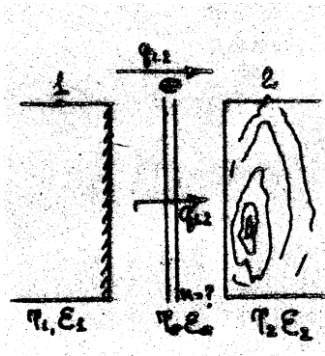
Відповідь:  $\alpha_k = 18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Висновок: Знаючи величину коефіцієнту теплообміну конвекцією, ми можемо визначити кількість тепла, яке передається від димових газів до внутрішньої поверхні каналу в конвективному теплообміні, а потім розрахувати температуру на зовнішній поверхні каналу і порівняти її значення з допустимими умовами пожежної безпеки.

### **Приклад 6**

Визначити необхідну кількість екрануючих шарів із оцинкованого блискучого листового заліза, необхідних для захисту дерев'яної конструкції (соснова шерстка деревина) від променистої теплової енергії, якщо відомо:

Температура випромінюючої поверхні  $1000^\circ\text{C}$ , степінь чорноти випромінюючої поверхні  $0,7$ , температура поверхні деревини  $27^\circ\text{C}$ . Розташування поверхней зображує випадок плоско-паралельних поверхнею (мал. 8).



дано

$$t_1 = 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = 0,7$$

$$T_1 = 1273 \text{ K}$$

$$t_2 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 300 \text{ K}$$

$$n - ?$$

Розв'язання

а) Аналіз даних і формул

Задача на тепловий розрахунок екрана

Кількість екрануючих шарів

$$n = \frac{\varepsilon_{1r} \cdot q_{1,2}}{\varepsilon_{1,2} \cdot q_{1,r}} - 1$$

$$\varepsilon_{1,2} - ?; \varepsilon_{1r} - ?; q_{1,2} - ?$$

Для соснової шорсткої деревини (додаток 7) –  $q_{1,r} = 12800 \text{ Вт/Н}^2$

$$\varepsilon_{1r} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_r} - 1}; \varepsilon_r = 0,228 - (\text{додаток 8})$$

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}; \varepsilon_2 = 0,9 - (\text{додаток 8})$$

$$q_{1,2} = \varepsilon_{1,2} \cdot C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]; \quad \text{де } C_0 = 5,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 / \text{К})$$

б) розрахунки:

1. Визначимо приведену ступінь чорноти системи «поверхня1 – поверхня2»

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,9} - 1} = 0,648$$

Визначимо густину теплового потоку між випромінюючою і опроміненою поверхнями при відсутності екрана

$$q_{1,2} = 0,648 \cdot 5,77 \left[ \left( \frac{1273}{100} \right)^4 - \left( \frac{300}{100} \right)^4 \right] = 98000 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

3. Визначимо приведену ступінь чорноти системи «поверхня1-екран»:

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,228} - 1} = 0,208$$

4. Визначимо кількість екрануючих шарів, необхідних для обладнання теплового екрану

$$n = \frac{0,208 \cdot 98000}{0,648 \cdot 12800} - 1 = 1,46$$

Відповідь: Приймаємо  $n=2$

Висновок: в даному випадку для виключення можливості займання дерев'яної конструкції при опроміненні необхідно передбачити тепловий екран з двох шарів оцинкованого блискучого листового заліза.

### Приклад 7.

Визначити необхідну товщину протипожежної стіни з червоної цегли (мал. 9), якщо відомі: температура нагрітого середовища при можливості пожежі  $900^{\circ}\text{C}$ , температура середовища, що нагрівається:  $20^{\circ}\text{C}$ ; температура на необігріваній поверхні не повинна перевищувати з урахуванням початкової температури конструкції  $160^{\circ}\text{C}$ .

Дано

$$t_1' = 900^{\circ}\text{C}$$

$$t_2'' = 20^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 \leq 160^{\circ}\text{C}$$

б-?

### Розв'язання

Задача на складний теплообмін (теплопередача через одношарову плоску стінку)

1. По додатку б для кладки червоної цегли знаходимо:

$$\lambda = 0,814 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

2. Визначаємо коефіцієнти теплообміну  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ :

$$\alpha_1 = 11,63 \cdot e^{0,0023 \cdot 900} = 11,63 \cdot 2,71^{0,0023 \cdot 900} = 92 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_2 = 11,63 \cdot e^{0,0023 \cdot 160} = 11,63 \cdot 2,71^{0,0023 \cdot 160} = 16,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Де  $e = 2,718$  – основа натурального логарифма

3. По рівнянню Ньютона для стадії теплопередачі визначимо густину теплового потоку

$$q = \alpha_2 (t_2 - t_1'') = 16,8(160 - 20) = 2360 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

4. Визначимо коефіцієнт теплопередачі:  $q = K(t_1' - t_1'')$ :

$$K = \frac{q}{t_1' - t_1''} = \frac{2360}{900 - 20} = 2,68 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

5. Із виразу коефіцієнту теплопередачі визначимо необхідну товщину протипожежної стіни:



$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{q}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\sigma = \lambda \left( \frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_2} \right) = 0,246 \text{ м}$$

Для побудування температурного поля визначимо температуру на обігріваній поверхні із рівняння Ньютона для стадії тепло сприймання:  $q = K(t_1' - t_2')$ :

$$t_1 = t_1' - \frac{q}{\alpha_1} = 900 - \frac{2360}{92} = 874^\circ \text{C}$$

7. На мал. 9 побудуємо графік змін температурного поля в напрямку теплопередач через стіну

Відповідь: Необхідна товщина протипожежної стіни рівна 0,246 м, приймаємо – 0,25 м (1 цегла)

### Приклад 8.

Визначити межу вогнестійкої панелі з керамзитобетону, густина якого  $950 \text{ кг/м}^3$ , якщо відомо: температура обігріваної панелі  $950^\circ \text{C}$ , початкова температура панелі  $20^\circ \text{C}$ , товщина панелі 0,15 (мал. 10)

Дано:

Керамзитобетон

$$\rho = 950 \text{ кг/м}^3$$

$$t_\omega = 940^\circ \text{C}$$

$$t_0 = 20^\circ \text{C}$$

$$\delta = 0,15 \text{ м}$$

$r = ?$

### Розв'язання

1. При розв'язанні задачі необхідно виходити з вимог СНиП 2.01.02-85

$$t_{x,r} \leq 160 + t_0, t_{x,r} \leq 180^\circ \text{C}$$

2. По додатку 6 визначаємо фізичні параметри керамзитобетону при середній температурі панелі  $550^\circ \text{C}$

$$\lambda_1 = 0,23 + 13,3 \cdot 10^{-5} \cdot t_{cp} = 0,303 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$c_t = 0,84 + 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{cp} = 1,159 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$$

3. Визначаємо коефіцієнт теплопровідності:

$$a = \frac{3,6 \cdot \lambda_1}{c_t \cdot \rho} = \frac{3,6 \cdot 0,303}{1,159 \cdot 950} = 0,000992 \text{ м}^2 / \text{год}$$

4. Із рівняння нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла при граничних умовах I-го роду визначимо значення функції Крампа:

$$t_{x,r} = t_\omega - (t_\omega - t_0)f(a);$$

$$f(a) = \frac{t_\omega - t_{x,r}}{t_\omega - t_0} = \frac{940 - 160}{940 - 20} = 0,848$$

5. По додатку 12 знаходимо значення аргументу функції Крампа: при цьому, щоб знайти значення аргументу 0,818, робимо інтерполяцію

$$A = 1,013$$

6. Із виразу аргументу функції Крампа визначаємо час прогріву панелі до допустимої температури на обігріваній поверхні:

$$A = \frac{\delta}{r\sqrt{a_t \cdot r}}; r = \frac{\delta^2}{4 \cdot A^2 \cdot a_t} = 5,54 \text{ год}$$

7. На мал. 10 графічно зобразити характер прогріву панелі по товщині при нестационарному температурному режимі

Відповідь: межа вогнестійкості керамзитобетонної панелі при повільному режимі обігріву рівна 5,54 год.

### Приклад 9:

Залізобетонна плита на вапняному щебені піддається однобічному підігріву в умовах стандартного температурного режиму (мал. 12). Товщина плити 0,22 м, товщина захисного шару арматури 0,025 м. Початкова температура плити рівна 20 °С. Визначити температуру на поверхні арматури через одну годину обігріву і зробити висновок про можливість обрушення конструкції, якщо критична температура арматури рівна 470 °С.

Дано:

залізобетон на  
вапняному щебені

$$\delta = 0,22 \text{ м}$$

$$x = 0,025 \text{ м}$$

$$t_0 = 20^\circ \text{ С}$$

$$r = 1 \text{ год}$$

$$t_{\text{кр}} = 470^\circ \text{ С}$$

$$t_{\text{х.р.}} - ?$$

### Розв'язання

1. По додатку 6 визначимо фізичні параметри бетону на вапняному щебені при температурі 450 °С

$$\lambda = 0,818 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$C_t = 1,054 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

$$\rho = 2190 \text{ кг}/\text{м}^3$$

2. Перевіримо умову:

$$\frac{\delta}{2\sqrt{a_t \cdot t}} \geq 0,6$$

$$3,1 \geq 0,6$$

Отже, температурне поле можна розрахувати по рівнянню нестационарної теплопровідності для напівобмеженого тіла.

3. Визначимо величину аргументу функції Крампа для 0,025 м.

$$A = \frac{0,62 + \frac{x}{\sqrt{a_t}}}{2\sqrt{r}} = 0,66$$

4. По додатку 12 знаходимо значення функції Крампа

$$f(A) = 0,6494$$

5. Визначимо температуру на поверхні арматури через 1 годину обігріву:

$$t_{x,r} = 1220 - (1220 - t_0)f(A) = 451^{\circ}\text{C}$$

Відповідь: Температура на поверхні арматури плити через 1 годину обігріву рівна  $451^{\circ}\text{C}$ .

Висновок: Обвалення плити через одну годину в умовах стандартного температурного режиму не відбудеться, так як температура на поверхні арматури менша критичної.

### Приклад 10.

В приміщенні, розміри якого  $30 \times 12 \times 4$  м, можливо горіння розлитого бензину на площі 30 кв. м. Визначити, користуючись номограмою, середньо об'ємну температуру середовища при пожежі через 9 хв., приймаючи коефіцієнт надмірності повітря рідини 2, а коефіцієнт неповноти горіння 0,95.

Дано:

Бензин

$$l = 30$$

$$b = 12$$

$$h = 4$$

$$f = 30 \text{ м}^2$$

$$r = 9 \text{ хв.}$$

$$\alpha = 2$$

$$\eta = 0,95$$

---

$$t = ?$$

### Розв'язання

1. По додатку 11 знаходимо параметри, які характеризують горіння бензину

$$M = 160 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

$$Q_{\text{тн}}^0 = 41870 \text{ кДж}/\text{кг}$$

2. Визначимо площу поверхні теплообміну в приміщенні

$$F = 2(l + b)h = 1056 \text{ м}^2$$

3. Визначимо густину теплового потоку

$$q = \frac{\eta \cdot Q_{\text{тн}}^0 \cdot M \cdot f}{F} = 181000 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) = 50200 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

4. Користуючись номограмою для визначення середньо об'ємної температури середовища при пожежі в приміщенні, визначаємо  $t = 520^{\circ}\text{C}$

Відповідь: середня температура середовища в приміщенні при даних умовах рівна  $520^{\circ}\text{C}$

### Приклад 11.

Стінка приміщення виготовлена з силікатної цегли товщиною 12,5 см. Нагрівається середовищем температура якого  $t_f = 600^{\circ}\text{C}$ . Початкова температура стіни  $20^{\circ}\text{C}$ . Розрахувати температурне поле в плиті протягом 1,5 години використовуючи чисельний метод кінцевих різниць.

### Розв'язання

1. Визначаємо середню температуру стінки за весь час нагрівання:

$$t_m = \frac{t_f + t_0}{2} = \frac{600 + 20}{2} = 310^\circ\text{C}$$

2. Випишуємо з довідника і визначаємо фізичні параметри силікатної цегли:

$$\lambda_t = 0,79 + 3,5 \cdot 10^{-4} t_m = 0,79 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot 310 = 0,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_t = 0,84 + 6,3 \cdot 10^{-4} t_m = 0,84 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot 310 = 1,04 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\rho = 1730 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

визначаємо коефіцієнт температуропровідності:

$$a_t = \frac{3,6 \cdot \lambda_f}{c_t \cdot \rho} = \frac{3,6 \cdot 0,9}{1,04 \cdot 1730} = 0,0018 \frac{\text{м}^2}{\text{год}}$$

3. Визначаємо коефіцієнт теплообміну між продуктами горіння і поверхнею стіни:

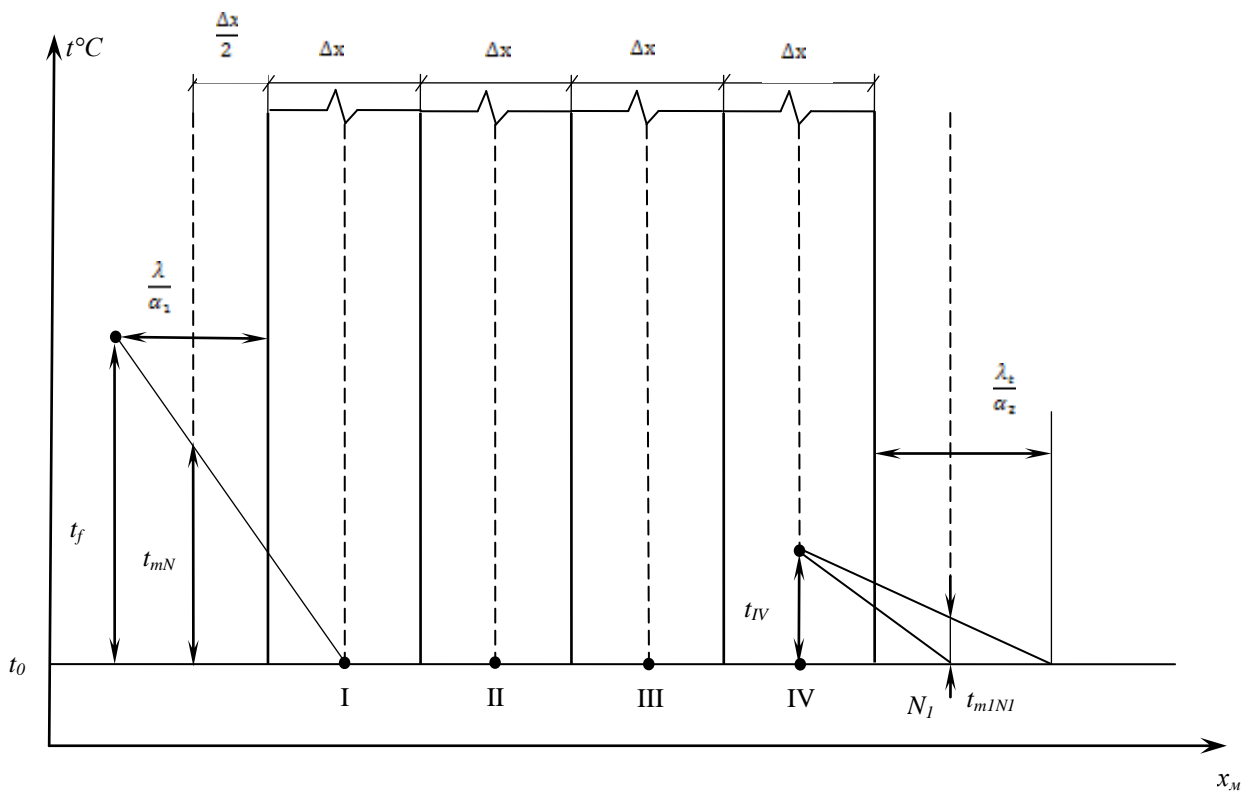
$$\alpha = 11,63 e^{0,0023 \cdot 600} = 46,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

4. Визначаємо найменшу розрахункову товщину шару стінки.

$$\Delta x \leq 2 \frac{\lambda_t}{\alpha} = 2 \cdot \frac{0,9}{46,2} = 0,039 \text{ м}$$

5. Розбиваємо стінку на чотири шари.

$$\Delta x = \frac{12,5}{4} = 3,1 \text{ см} < 3,9 \text{ см}$$



6. Визначаємо розрахунковий інтервал часу:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta x^2}{2 \cdot a_t} \quad \Delta\tau = \frac{0,031^2}{2 \cdot 0,0018} = 0,27 \text{ год} = 16,2 \text{ хв}$$

7. Визначаємо координати направляючої точки:

$$\frac{\lambda_t}{\alpha} = \frac{0,9}{46,2} = 0,0195 \text{ м}$$

8. Знаходимо суму товщин:

$$\frac{\lambda_t}{\alpha} + \frac{\Delta x}{2} = 0,0195 + \frac{0,031}{2} = 0,035 \text{ м}$$

Відношення

$$\frac{\Delta x}{\frac{\lambda_t}{\alpha} + \frac{\Delta x}{2}} = \frac{0,031}{0,035} = 0,89$$

9. Визначаємо температуру середовища на відстані товщини фіктивного шару. Знаходимо з подібності трикутників.

$$\frac{t_{mN} - t_1}{t_f - t_1} = \frac{\Delta x}{\frac{\lambda_t}{\alpha} + \frac{\Delta x}{2}} \quad t_{mN} = t_1 + (t_f - t_1) \frac{\Delta x}{\frac{\lambda_t}{\alpha} + \frac{\Delta x}{2}}$$

## ДОДАТКИ

### Додаток 1

Молярні маси, густини при нормальних умовах і постійні газові найважливіших газів

Речовина	Хімічне позначення	Молярна маса $\mu$ , кг/моль	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Газова постійна $R$ , Дж/(кг*К)
Повітря		28,96	1,293	287,0
Кисень	O <sub>2</sub>	32,00	1,429	259,8
Азот	N <sub>2</sub>	28,03	1,251	296,8
Водень	H <sub>2</sub>	2,016	0,090	4124,0
Водяна пара	H <sub>2</sub> O	18,016	0,804	461,8
Оксид вуглецю	CO	28,01	1,250	296,8
Вуглекислий газ	CO <sub>2</sub>	44,01	1,977	188,9
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,036	1,177	319,3
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,052	1,251	296,6
Аміак	NH <sub>3</sub>	17,032	0,771	488,3
Метан	CH <sub>4</sub>	16,032	0,717	518,8

Додаток 2

Значення молярних теплоємностей при постійному тиску та об'ємі

Гази	Теплоємність, кДж/(моль*К)	
	$\mu c_p$	$\mu c_v$
Одноатомні	20,93	12,56
Двохатомні	29,31	20,93
Три- і багатоатомні	37,68	29,31

Додаток 3

Середня питома теплоємність газів

(лінійна залежність від температури  $c_m = a + b \cdot t_{cp}$ )  $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$

Гази	Теплоємність, кДж/(кг·К)	
	$c_p$ - при постійному тиску	$c_v$ -при постійному об'ємі
O <sub>2</sub>	$c = 0,9127 + 0,0002544 \cdot t$	$c = 0,6527 + 0,0002544 \cdot t$
N <sub>2</sub>	$c = 1,0258 + 0,0001676 \cdot t$	$c = 0,7289 + 0,0001676 \cdot t$
CO	$c = 1,0304 + 0,0001915 \cdot t$	$c = 0,7335 + 0,0001915 \cdot t$
H <sub>2</sub> O	$c = 1,8401 + 0,0005856 \cdot t$	$c = 1,3783 + 0,0005856 \cdot t$
CO <sub>2</sub>	$c = 0,8725 + 0,0004810 \cdot t$	$c = 0,6837 + 0,0004810 \cdot t$
Повітря	$c = 0,9952 + 0,0001869 \cdot t$	$c = 0,7084 + 0,0001869 \cdot t$

Додаток 4  
Середня питома теплоємність при постійному тиску  
(нелінійна залежність від температури)

t, °C	Теплоємність $c_p$ , кДж/(кг·К)					
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Повітря
0	0,9148	1,0392	1,0396	0,8148	1,8594	1,0036
100	0,9232	1,0404	1,0417	0,8658	1,8728	1,0061
200	0,9353	1,0434	1,0463	0,9102	1,8937	1,0115
300	0,9500	1,0488	1,0538	0,9487	1,9192	1,0191
400	0,9651	1,0567	1,0634	0,9826	1,9477	1,0284
500	0,9793	1,0660	1,0748	1,0128	1,9778	1,0387
600	0,9927	1,0760	1,0861	1,0396	2,0092	1,0496
700	1,0048	1,0869	1,0978	1,0639	2,0419	1,0605
800	1,0157	1,0974	1,1091	1,0852	2,0754	1,0710
900	1,0258	1,1078	1,1200	1,1045	2,1097	1,0815
1000	1,0350	1,1179	1,1304	1,1225	2,1436	1,0907

Додаток 5 Середня питома теплоємність при постійному об'ємі  
(нелінійна залежність від температури)  $c_{t_1}^{t_2} = \frac{c_0^{t_2} t_2 - c_0^{t_1} t_1}{t_2 - t_1}$

t, °C	Теплоємність $c_v$ , кДж/(кг·К)					
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Повітря
0	0,6548	0,7423	0,7427	0,6259	1,3980	0,7164
100	0,6632	0,7427	0,7448	0,6770	1,4114	0,7193
200	0,6753	0,7465	0,7494	0,7214	1,4323	0,7243
300	0,6900	0,7519	0,7570	0,7599	1,4574	0,7319
400	0,7051	0,7599	0,7666	0,7938	1,4863	0,7415
500	0,7193	0,7691	0,7775	0,8240	1,5160	0,7519
600	0,7327	0,7792	0,7892	0,8508	1,5474	0,7624
700	0,7448	0,7900	0,8009	0,8746	1,5805	0,7733
800	0,7557	0,8005	0,8122	0,8964	1,6140	0,7842
900	0,7658	0,8110	0,8231	0,9157	1,6483	0,7942
1000	0,7750	0,8210	0,8336	0,9332	1,6823	0,8039

Додаток 6 Фіз. параметри деяких матеріалів  $a_t = \frac{\lambda_t}{c, \rho}, (t_{x,t} = t_w - (t_w - t_o) \operatorname{erf} A)$ , для

гр. умов I го роду,  $t_{x,t} = 1220 - (1220 - t_o) \operatorname{erf} A$ ) для ст. тем. режиму)

№ п/п	Матеріал	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\lambda_t = \lambda_0 \pm \beta \cdot t_{\text{ср}},$ Вт/(м·К)	$c_t = c_0 + \beta' \cdot t_{\text{ср}},$ кДж/(кг·К)
1	2	3	4	5	6
1.	Азбестовий картон	0-600	1000-1300	$0,157 + 1,86 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
2.	Азбестова тканина	0-500	600-700	$0,123 + 1,86 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
3.	Азбестовий шнур	0-200	700-900	$0,14 + 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
4.	Азбестоцементні сегменти, плити і шкаралупа	0-450	400	$0,087 + 1,28 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
5.	Бетон на гранітному щебені	більше 100	2200	$1,42 - 11 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,77 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
6.	Бетон на вапняному щебені	більше 100	2190	$1,25 - 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,77 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
7.	Бетон пісочний	більше 100	1900	$1,05 - 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,77 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
8.	Газобетон на меленому піску	більше 100	480 750	$0,093 + 7 \cdot 10^{-5} \cdot t$ $0,186 + 8,1 \cdot 10^{-5} \cdot t$	$0,92 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$ $0,92 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
9.	Керамзитобетон	більше 100	950 1030 1380	$0,23 + 13,3 \cdot 10^{-5} \cdot t$ $0,256 + 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot t$ $0,385 + 8,1 \cdot 10^{-5} \cdot t$	$0,84 + 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t$ $0,84 + 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot t$ $0,92 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
10.	Скло - вата	0-450	130	$0,04 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
11.	Вермикулітові плити	0-600	250	$0,081 + 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
12.	Волок шерстяний	0-90	300	$0,046 + 1,98 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
13.	Дерев'яні опилки	20	150-250	$0,07 + 0,093 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
14.	Деревина: поперек волокон уздовж волокон	20 20	500-600 500-600	$0,163 \div 0,174$ $0,44 \div 0,52$	2,8 2,8
15.	Цегла силікатна	більше 100	1730	$0,79 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,84 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
16.	Цегла шамотна	більше 100	1800-1900	$0,835 + 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,88 + 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$
17.	Цегла червона	-	1700	$0,455 + 0,000232 t_m$	0,88
18.	Мінеральна вата	0-600	200	$0,049 + 1,84 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
19.	Перлітобетон	більше 100	1090	$0,29 + 1,16 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,84 + 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t$
20.	Пісок сухий	0-40	1380	0,35	0,80
21.	Скло звичайне	20-80	2500	$0,75 + 0,00116 \cdot t$	0,67
22.	Сталь вуглеводиста	0-800	7800	$58 - 0,042 \cdot t$	$0,47 + 2,1 \cdot 10^{-4} \cdot t$
23.	Торфоплита	0-100	425	$0,069 + 1,16 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
24.	Штукатурка цементно-піщана	20	1800	$1 \div 1,15$	0,84
25.	Штукатурка вапняно-піщана	0	1600	0,7	0,84



Додаток 7 Критична густина опромінення

і гранично допустима температура деяких горючих матеріалів ( $t_{w,\tau} = t_{0,0} + \frac{2q}{\lambda} \sqrt{\frac{a_t \tau}{\pi}}$ , для темп поверхні при нагрів. За гр.. умов 2-роду)

№ п/п	Матеріал	T <sub>доп</sub> , К	q <sub>кр</sub> , Вт/м <sup>2</sup>
1.	Гранітоль, дерматин, лідери	313	-
2.	Деревина соснова шорсткувата	353	12800
3.	Деревина соснова, покрашена масляною фарбою	353	17450
4.	Картон сірий	373	10800
5.	Пластик шаровий(типа гетинакс)	393	15300
6.	Склопластик на основі поліефірної смоли ПН-І	373	15300
7.	Торф брикетний	353	13250
8.	Торфоізолюючі плити, дерев'яно-волокнисті плити, пінопласти ПХВ-І і ФФ	353	-
9.	Бавовна волокно	393	7460
10.	Деревина всіх сортів(окрім соснових), пінопласт ПС-4	373	-

Додаток 8 Ступінь чорноти деяких матеріалів

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

№ п/п	Матеріал та характер поверхні	t, °С	ε
1.	Алюміній полірований	225-275	0,09-0,057
2.	Азбестовий картон	24	0,96
3.	Азбошифер	20	0,96
4.	Папір	20	0,8-0,9
5.	Вольфрамова нитка	3300	0,39
6.	Вода	0-100	0,95-0,96
7.	Дерево стругане	20	0,9
8.	Червона цегла шорстка	20	0,93
9.	Фарби: алюмінієві різної давності масляні різних кольорів	100 100	0,27-0,67 0,92-0,96
10.	Лак білий емалевий на залізній шорсткій пластині	23	0,91
11.	Лак чорний блискучий, розпилений по залізу	25	0,88
12.	Латунь полірована	245-375	0,028-0,039
13.	Мідь полірована	115	0,023
14.	Оцинковане листове залізо: дуже блискуче сіре, окислене	28 24	0,228 0,276
15.	Сталь листовая, шліфувана	940-1100	0,52-0,61
16.	Толь покрівельна	20	0,93

Додаток 9 Фізичні параметри димових газів при  $V= 101325$  Па

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$c_p, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	$\lambda\cdot 10^2, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\nu\cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	$P_r$
0	1,295	1,043	2,28	12,20	0,72
100	0,950	1,068	3,12	21,54	0,69
200	0,748	1,097	4,00	32,80	0,67
300	0,617	1,112	4,83	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,68	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,54	76,30	0,63
600	0,404	1,214	7,40	93,61	0,62
700	0,363	1,239	8,25	112,1	0,61
800	0,330	1,264	9,13	131,8	0,60
900	0,301	1,290	9,98	152,5	0,59
1000	0,275	1,306	10,90	173,4	0,58
1100	0,257	1,323	11,75	197,1	0,57
1200	0,240	1,340	12,62	221,0	0,56

Додаток 10 Фізичні параметри сухого повітря при  $V= 101325$  Па

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$c_p, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	$\lambda\cdot 10^2, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\nu\cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	$P_r$
0	1,293	1,005	2,44	13,28	0,707
20	1,205	1,005	2,59	15,06	0,703
40	1,128	1,005	2,75	16,96	0,699
60	1,060	1,005	2,89	18,97	0,696
80	1,000	1,009	3,04	21,09	0,692
100	0,946	1,009	3,20	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,33	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,48	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,63	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,77	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,92	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,26	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,60	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,89	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,20	63,09	0,678
500	0,456	1,093	5,73	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,20	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,69	115,4	0,706
800	0,329	1,156	7,15	134,8	0,713
900	0,301	1,172	7,61	155,1	0,717
1000	0,277	1,185	8,05	177,1	0,719

Додаток 11Значення параметрів, які характеризують горіння деяких речовин та матеріалів

Горючі матеріали та речовини	M, кг/(м <sup>2</sup> ·ч)	Q <sup>p</sup> <sub>н</sub> , кДж/кг	V <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /кг
Ацетон	156	28800	7,26
Бензин	160-200	41870	11,6
Діетиловий ефір	216	33500	8,64
Деревина (бруски, меблі)	54	13800	4,2
Дизельне паливо	150	41870	11,2
Каучук натуральний	48	42000	10,0
Керосин	160	41870	11,36
Кіноплівка целулоїдна	4200	16700	4,5
Книги на дерев'яних стилажах	20	13400	4,2
Мазут	126	38700	10,44
Нафта	85	41870	10,8
Органічне скло	58	25000	6,6
Полістирол	52	39000	10,0
Резина	40	33500	9,97
Текстоліт	24	20900	5,5
Бавовна розрихлена	15	15700	3,75
Штапельне волокно розрихлене	24	13800	4,2
Етиловий спирт	96-120	27200	6,69

## ЛІТЕРАТУРА

### Базова:

1. Освітньо-професійна програма вищої освіти для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека», спеціалізацією «Пожежна безпека»
2. Рябова І.Б., Сайчук І.В., Шаршанов А.Я. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. -Харків: АПБУ, 2002. -352 с.
3. О.М. Нуязнін, М.А. Кришталь, Д.О. Кришталь, Є.О. Тищенко Основи термодинаміки і теплопередачі для рятувальників – Черкаси: ЧПБ, 2017. – 166с
4. Термодинаміка і теплопередача у цивільній безпеці: навч. посіб./ А.Я. Шаршанов, І.Б. Рябова. –Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2013 –380 с.
5. Лега А.Л., Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. Практикум. Лабораторні роботи. -Черкаси: ЧПБ, 2007. -89 с.

### Допоміжна

6. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Київ: Техніка, 2001. - 320 с.

### Інформаційні ресурси

Банк методичних і навчальних матеріалів ЧПБ <http://academy.apbu.edu.ua/rus/mbank/>.