

**Кафедра профілактики надзвичайних ситуацій
в населених пунктах
Університету цивільного захисту України**

**БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ
ТА ЇХ ПОВЕДІНКА В УМОВАХ ПОЖЕЖІ**

**Практикум
(лабораторні роботи)**

Для курсантів та студентів заочної форми навчання

Харків 2006

Будівлі та споруди та їх поведінка в умовах пожежі. Практикум (лабораторні роботи). Для курсантів та студентів заочної форми навчання / Укладачі: Стельмах О.А., Доронін Є.В., Пушкаренко А.С.– Харків: УЦЗУ, 2006. – 36 с.

Рецензенти: Фомін С.Л. – професор кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій ХДТУБА, доктор технічних наук, професор;
Шаршанов А.Я. – доцент кафедри процесів горіння УЦЗУ кандидат фізико–математичних наук, доцент.

Практикум укладено відповідно до вимог програми дисципліни "Будівлі та споруди та їх поведінка в умовах пожежі". У виданні подано сучасні уявлення, пов'язані з проведенням експериментальних досліджень пожежно-технічних властивостей будівельних матеріалів, а також експериментальною оцінкою меж вогнестійкості будівельних конструкцій та їх елементів, які виконані з металу, деревини та залізобетону.

ЗМІСТ

Вступ	4
Інструкція з охорони праці при роботі в лабораторії	7
Лабораторна робота № 1 Визначення температур у товщі огороження і на протилежному боці від джерела вогню	8
Лабораторна робота № 2 Визначення температури арматури і швидкості прогріву залізобетонної конструкції при нестационарному тепловому режимі	15
ЛІТЕРАТУРА	24
Лабораторна робота № 3 Оцінка зміни міцності бетону при нагріванні	25
Лабораторна робота № 4 Визначення фактичної межі вогнестійкості залізобетонної плити	32
ДОДАТКИ	35
Додаток 1 – Коефіцієнти роботи бетону при нагріванні	35
Додаток 2. – Коефіцієнти роботи арматури при нагріванні	35
Додаток 3 – Теплофізичні характеристики бетонів	35
Додаток 4 – Коефіцієнт щільності бетону	36
Додаток 5– Функція помилок Гаусса	36
Додаток 6 – Температура в середині необмеженої пластини	36

ВСТУП

Лабораторні роботи є складовою частиною навчального процесу і мають на меті засвоєння матеріалу шляхом експериментальної перевірки теоретичних положень, досліджуваних у курсі "Термодинаміка та теплопередача", а також прищеплюють навички дослідницької роботи, знайомлять з технікою і методами проведення досліджень і вимірів.

Закони термодинаміки і теплопередачі широко використовуються для вивчення і наукового обґрунтування вимог меж вогнестійкості будівельних конструкцій; вивчення проведення будівельних конструкцій в умовах пожежі; визначення протипожежних розривів між будинками і спорудами; розробка ефективних засобів виявлення і гасіння пожеж; рішення практичних задач, що стоять перед пожежною охороною країни.

У даному посібнику приведені описи 4 лабораторних робіт.

Лабораторні роботи виконуються після вивчення теоретичного матеріалу і проводяться під керівництвом викладача.

До проведення лабораторних робіт курсанти, студенти (слухачі) повинні вивчити інструкцію з охорони праці і дотриманню правил пожежної безпеки при проведенні лабораторних робіт і здати по ній залік.

Виконання лабораторних робіт включає наступні етапи;

- підготовка до виконання роботи;
- проведення роботи;
- складання звіту й обробка результатів проведеного експерименту
- здача заліку по виконаній роботі.

У кожній лабораторній роботі повинне бути викладено:

- мета роботи
- теоретичні основи
- опис лабораторної установки і її схема;
- порядок проведення роботи;
- обробка результатів досліду;
- порівняння результатів досліду з наявними літературними даними;
- висновки;
- контрольні питання;
- література.

При обробці результатів досліду приймається розмірність усіх величин у Міжнародній системі одиниць (СИ).

У додатках лабораторного практикуму утримується необхідний довідковий матеріал. У роботах приведені теоретичні положення, що значно полегшує учнем самотійну підготовку до лабораторних занять.

Підготовка до виконання роботи

За тиждень до виконання лабораторної роботи викладач дає завдання на її виконання. Курсанти (слухачі) зобов'язані повторювати теоретичний матеріал, вивчити порядок виконання роботи й ознайомитися зі зразковим планом складання звіту.

При підготовці до виконання лабораторної роботи кожен курсант (слухач) повинний накреслити схеми, таблиці, передбачені даною роботою, і ознайомитися з устаткуванням і приладами, що будуть застосовуватися при її виконанні.

Проведення роботи

При проведенні лабораторної роботи запису вимірів і попередніх розрахунків показуються викладачеві. У випадку задовільного виконання роботи викладач дозволяє виключити установку. По закінченні роботи робоче місце приводиться в порядок.

Складання звіту

Звіти по лабораторних роботах складаються кожним курсантом (слухачем, студентом) за зразковим планом, приведеним наприкінці опису лабораторної роботи, у спеціальних журналах звіту або в окремому зошиті.

Звіт повинний містити номер, найменування лабораторної роботи і її ціль; перелік приладів і апаратури, використаних при виконанні роботи; схему установки; результати вимірів, зведені в таблиці; короткі теоретичні положення; висновки і відповіді на питання. Звіт по лабораторних роботах надається на перевірку викладачеві.

Загальні зведення про математичну обробку дослідних даних

Визначення різних параметрів будівельних матеріалів проводиться шляхом виміру фізичних параметрів (температури, тиску, напруги, сили струму та ін), розмірів зразків з наступною обробкою отриманих даних.

Виміри розділяють на прямі і непрямі. При прямих вимірах обумовлена величина порівнюється з одиницею виміру безпосередньо або за допомогою вимірювального приладу, проградуованого у відповідних одиницях. При непрямих - вимірювана величина визначається з результатів прямих вимірів інших величин, що зв'язані з вимірюваною величиною, визначеною функціональною залежністю.

Однак ніякий вимір не може бути виконано абсолютно точно. Його результат завжди містить деяку помилку. Тому в задачу вимірів входить не тільки перебування самої величини, але також і оцінка допущеної при вимірі погрішності.

Погрішності або помилки вимірів підрозділяються на систематичні, випадкові і промахи.

Систематичними називають помилки, що викликаються факторами, що діють однаковою мірою при багаторазовому повторенні тих самих

вимірів. Наприклад, погрішність вимірювального приладу, неправильна, його установка, або вибір методики вимірів, дії деяких зовнішніх сил. Однієї з особливостей систематичних помилок є те, що вони в принципі можуть бути виключені, наприклад, зміною методу виміру, уведенням виправлень до показань приладів.

Випадковими називаються помилки, що викликаються великим числом випадкових причин, дія яких на кожен вимір по-різному і не може бути заздалегідь враховано. Тому величина випадкових помилок різна навіть для вимірів, виконаних однакою формою.

Виключити випадкові погрішності окремих вимірів неможливо, однак математична теорія випадкових явищ дозволяє знизити вплив цих помилок на остаточний результат, що доцільно робити в тому випадку, коли вони є визначальними. Для цього необхідно зробити не одне, а кілька вимірів, причому, чим менше значення помилки потрібно одержати, тим більше вимірів варто зробити.

Якщо при цьому виявиться, що випадкова помилка менше систематичної, то досить виконати вимір лише один раз.

Нарешті, промахи - це помилки, джерелом яких є недолік уважності експериментатора. Для усунення промахів треба дотримувати акуратності і старанності у роботі й у записах результатів.

Існують методи по виявленню помилок, наприклад, повторення виміру в трохи відмінних умовах або через деякий час, а також іншим спостережачем. Після виявлення промахів вони повинні бути виключені.

У лабораторних роботах застосовуються відомі, апробовані методи дослідження, у яких визначальною є систематична помилка, пов'язана з класом точності приладів (приладова погрішність).

Виходячи з цього, найбільшу абсолютну помилку виміру якої-небудь величини при прямих вимірах можна представити, як

$$\Delta A = \varphi \cdot A_{\text{ном}} \cdot 1/100,$$

де A – клас точності приладу, %;
 φ – номінальне значення шкали приладу.

Найпростіші методи обробки отриманих даних та правила проведення розрахунків

1. При округленні чисел ступінь наближення визначається тим кількістю десяткових знаків, що використовуються при записі.

2. При розрахунках округлення величин, що входять у формулу варто проводити таким чином, щоб більш точні величини мали на порядок більше значущих цифр, чим сама неточна величина.

3. При оцінці точності вимірів варто враховувати помилку шкали приладу.

4. При розрахунках робити дії над одиницями виміру.

5. Отримані результати обробки досвідчених даних порівнювати з довідковими даними. Критично оцінювати відхилення підучених результатів від табличних даних.

6. Для прискорення і точності розрахунків застосовувати програмні продукти ЕОМ.

ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. При роботі в лабораторії, необхідно бути уважним і дотримувати виняткової обережності, тому що неакуратність і відступи від правил техніки безпеки, пожежної безпеки і порядку проведення роботи можуть викликати важкі наслідки.

2. Включення установок у роботу дозволяється тільки викладачем.

3. У лабораторії категорично забороняється:

3.1. пуск устаткування в роботу без дозволу викладача;

3.2. залишати без спостереження прилади й устаткування, що знаходяться під напругою;

3.3. стосуватися руками неізольованих частин ЛАТрів, електричних проводів, приладів;

3.4. підвищувати потужність електричного нагрівача вище норми, встановленою інструкцією або викладачем;

3.5. робити які-небудь переключення в схемі, що знаходиться під напругою;

3.7. після початку виконання лабораторній роботі переходити з однієї групи в іншу.

4. при виявленні ушкодження негайно відключити електроустановку і повідомити викладача.

5. під час проведення лабораторної роботи з числа курсантів (слухачів, студентів) у кожній групі призначається старший, котрий зобов'язаний стежити за порядком на своїй ділянці роботи, відповідати за стан приладів і чистоту робочих місць по закінченні роботи.

6. На робочому місці не повинне бути ніяких сторонніх предметів.

7. Курсанти (слухачі, студенти) повинні дбайливо й акуратно звертатися з апаратурою і приладами.

8. Після закінчення роботи необхідно виключити лабораторні установки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУР У ТОВЩІ ОГороДЖЕННЯ І НА ПРОТИЛЕЖНОМУ БОЦІ ВІД ДЖЕРЕЛА ВОГНЮ

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ

У теорії теплообміну розрізняють два різновиди теплового процесу: стаціонарний і нестаціонарний.

Якщо з часом температура в кожній точці тіла не змінюється, то такий тепловий процес називається **стаціонарним**.

Якщо температура в кожній, точці тіла буде змінюватися в часі, то такий тепловий процес називається **нестаціонарним**.

У більшості випадків теплофізичні явища, що виникають під час пожежі, носять нестаціонарний характер. Однак, бувають пожежі такої тривалості, при яких теплові процеси протікають в умовах, близьких до стаціонарного. Процес проходження тепла через стіну, перешкоду при стаціонарному тепловому режимі від середовища, що має високу температуру, до середовища з більш низькою температурою характеризується тим, що кількість тепла, сприйнята стіною, а також кількість тепла, що пройшло через неї і кількість тепла, віддана протилежною поверхнею стіни, за однакові проміжки часу мають однакові чисельні значення.

Нехай стіна товщиною δ розділяє два середовища з різними температурами.

Від середовища з постійною температурою $t^{\circ}_{\text{ист}}$ тепло буде передаватися через поділяючу стіну до другого середовища з постійною температурою $t^{\circ}_{\text{возд}}$. Такий Процес проходження .Тепла через стіну здійснюється як би в 3 етапи.

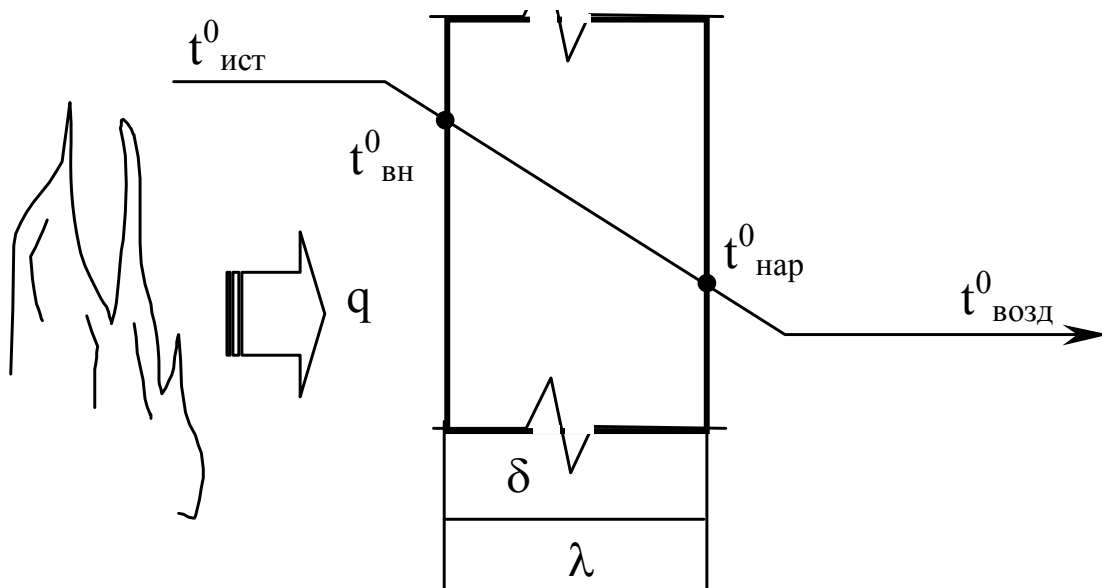


Рис. 1.1 – Теплопередача через одношарову плоску стінку

1. Тепло, сприймається поверхнею стіни, зверненої до джерела тепла. Це кількість тепла визначається за законом Ньютона:

$$Q = \alpha_b \tau (t_{ист}^0 - t_{вн}^0)$$

2. Тепло передається через стіну шляхом теплопровідності. Це тепло визначається за законом Фур'є:

$$Q = \frac{\lambda F \tau (t_{вн}^0 - t_{нар}^0)}{\delta}$$

3. Тепло віддається поверхнею, протилежною джерелу, у навколишнє середовище. Ця кількість тепла визначається за законом Ньютона:

$$Q = \alpha_{отд} F Q (t_{нар}^0 - t_{возд}^0)$$

З кожного рівняння Q знайдемо величину питомого теплового потоку: $q = \frac{Q}{F \tau}$; одержимо:

$$\left. \begin{aligned} q &= \alpha_b (t_{ист}^0 - t_{вн}^0) \\ q &= \frac{\lambda}{\delta} (t_{вн}^0 - t_{нар}^0) \\ q &= \alpha_{отд} (t_{нар}^0 - t_{возд}^0) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

З отриманих рівнянь 1 визначимо різниці температур;

$$\left. \begin{aligned} t_{ист}^0 - t_{вн}^0 &= q \frac{1}{\alpha_b} \\ t_{вн}^0 - t_{нар}^0 &= q \frac{\delta}{\lambda} \\ t_{нар}^0 - t_{возд}^0 &= q \frac{1}{\alpha_{отд}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Складаючи ліві і правий частини рівнянь (2) між собою, одержимо:

$$t_{ист}^0 - t_{возд}^0 = q \left(\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{отд}} \right) \quad (3)$$

Позначимо вираз в дужках через $R_{\text{общ}}$ і знайдемо величину теплового потоку:

$$q = \frac{t_{\text{ист}}^0 - t_{\text{возд}}^0}{R_{\text{общ}}} \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right] \text{ або } \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right] \quad (4)$$

Це – формула для визначення величини питомого теплового потоку при передачі тепла від середовища з більш високою температурою до середовища з більш низькою температурою через поділяючу їхню стіну або перешкоду.

У практичній діяльності працівника пожежної охорони можуть зустрічатися такі положення, коли потрібно знати, яка можлива (або припустима) температура на поверхні стіни, перешкоди, протилежної джерелу нагрівання.

Для цієї мети розглянемо систему рівнянь (2).

З першого рівняння знайдемо:

$$t_{\text{вн}}^0 = t_{\text{ист}}^0 - q \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \quad (5)$$

а потім знайдемо з другого рівняння

$$t_{\text{нар}}^0 = t_{\text{вн}}^0 - q \frac{\delta}{\lambda}$$

або, замінивши відповідної йому значенням, одержимо:

$$t_{\text{нар}}^0 = t_{\text{ист}}^0 - q \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta}{\lambda} \right) \quad (6)$$

По цій формулі визначається температура на поверхні, що не обігрівається. Цю же температуру можна визначити і з третього рівняння системи (2).

$$t_{\text{нар}}^0 = t_{\text{возд}}^0 + q \frac{1}{\alpha_{\text{отд}}} \quad (7)$$

Аналізуючи рівняння (6) можна зробити важливий практичний висновок: для того, щоб знайти температуру в будь-якій крапці конструкції, необхідно від температури джерела відняти тепловий потік, помножений на суму термічних опорів до розглянутої крапки.

МЕТА РОБОТИ

Робота має мету – поглибити знання з розділу теплопередачі: «Теплопровідність». Знання, отримані в результаті виконання лабораторної роботи, повинні допомогти засвоїти фізичну сутність передачі тепла теплопровідністю, і навчитися визначати температури на поверхні, що не обігрівається.

ОПИС УСТАНОВКИ

Установка складається з електричної печі 1, спіраль якої служить джерелом тепла. У поглиблення печі вставляється залізобетонна плита 3, що є випробуваним зразком.

Для визначення температури джерела тепла над поверхнею спіrali, на відстані 0,5 мм, встановлені 4 хромель-алюмелеві термопари. На поверхні залізобетонної плити, зверненої до джерела тепла, а також на поверхні, що не обігрівається, і у глибині плити укріплено також по 4 термопари, розташовані по діагоналі.

Реєстрація показань термопар виробляється потенціометром КСП-4.

ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

Після ознайомлення з описом установки, а також із самою установкою рис. 1.2. Включають електричну піч. Через кожні 10 хвилин записують показання температури для кожної термопари.

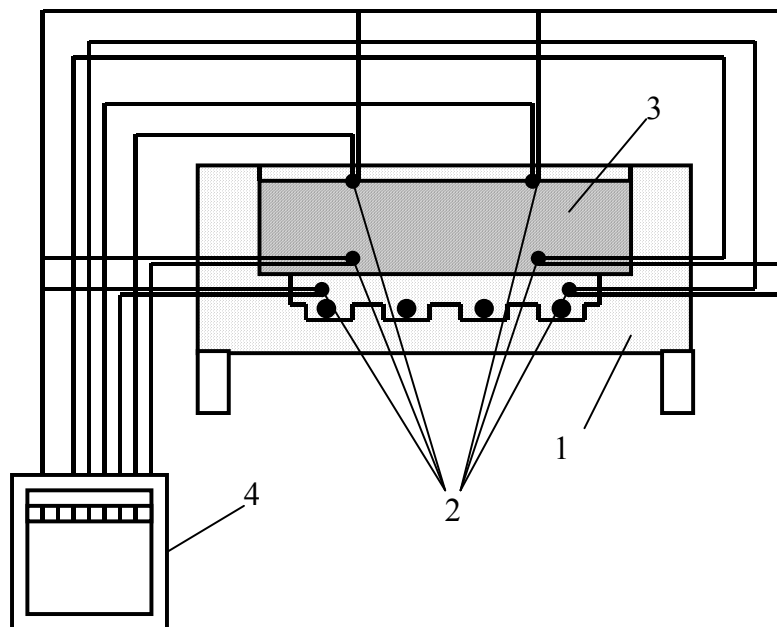


Рис. 1.2 – Схема установки для визначення температур у товщі огородження і на протилежній стороні від джерела вогню
1 – електрична піч; 2 – термопари; 3 – залізобетонна плита; 4 – потенціометр

Нагрівання продовжується до досягнення стаціонарного теплового режиму. Цей режим фіксується після того, як будуть однаковими два останні показання термопар у всіх точках виміру. Температура навколишнього повітря визначається за показанням ртутного термометра, встановленого в лабораторії. Товщину зразка і площу визначають лінійкою до початку іспиту

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

1. На підставі дослідних даних знайти середню температуру джерела і середню температуру на зовнішній поверхні плити і за графіком (рис. 1.3) визначити $\alpha_{\text{в}}$ і $\alpha_{\text{отд}} = 7 + (t_{\text{нар}}^0 / 20)$

$$\alpha_{\text{в}} \text{ и } \alpha_{\text{отд}} \quad [\text{Вт/м}^2 \text{ гр}]$$

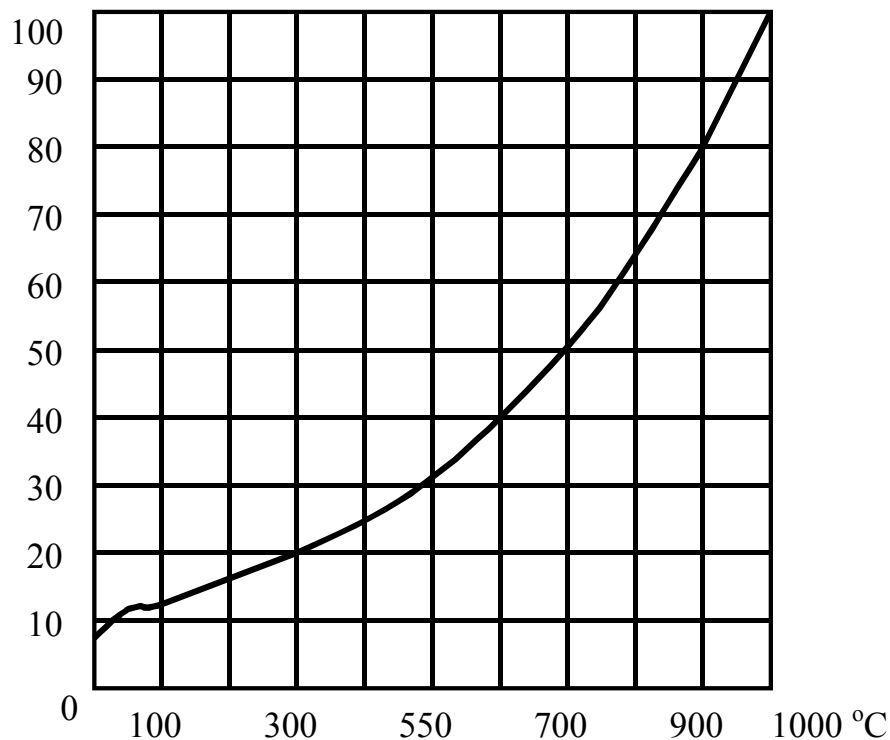


Рис. 1.3 – Графік залежності коефіцієнтів теплообміну від температури

2. Знайти середню температуру прогріву плити:

$$t_{\text{cp}}^0 = \frac{t_{\text{ист}}^0 + t_{\text{возд}}^0}{2}$$

і по формулі Власова обчислити λ_t

$$\lambda_t = \lambda_0 \cdot \beta t_{\text{порівн}}^0$$

λ_0 і β – вибрати по додатку.

3. Обчислити загальний опір тепловому потокові:

$$R_{общ} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{отд}}$$

4. Визначити величину питомого теплового потоку.

$$q = \frac{t_{ист}^0 - t_{возд}^0}{R_{общ}}$$

5. Знайти температуру на внутрішній поверхні плити:

$$t_{вн}^0 = t_{ист}^0 - q \frac{1}{\alpha_с}$$

6. Знайти температуру на заданій глибині (δ_1);

$$t_2^0 = t_{ист}^0 - q \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta}{\lambda_г}$$

7. Визначити температуру на зовнішній поверхні:

$$t_{нар}^0 = t_{возд}^0 + q \frac{1}{\alpha_{отд}}$$

Розрахункові температури $t_{вн}^0$, t_2^0 , $t_{нар}^0$ порівняти з даними, отриманими в результаті вимірів при стаціонарному тепловому режимі, і обчислити відсоток погрешностей.

Усі дані занести а таблицю

№ випробувань	$t_{ист}^0$	$t_{вн}^0$	t_2^0	$t_{нар}^0$	$t_{возд}^0$

На підставі отриманих досвідних даних будується загальний графік залежності температур від часу нагрівання.

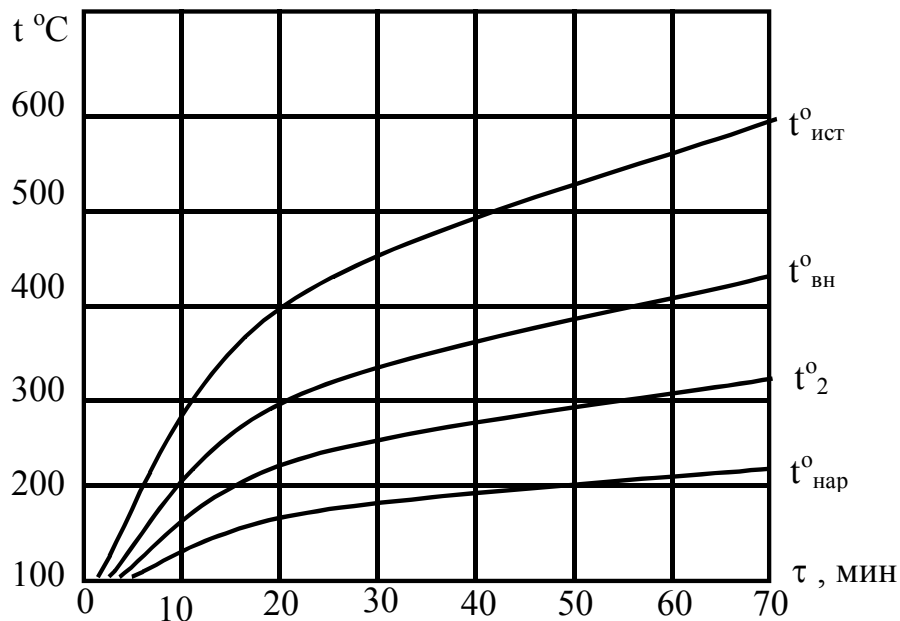


Рис. 1.4 – Графік зміни температур від часу

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ

1. Що називається теплопровідністю?
2. Записати рівняння теплопередачі для одношарової і багатошарової плоскої стінки.
3. Записати закон Фур'є для одношарової і циліндричної конструкції.
4. Що називається тепловими потоком? Як він визначається?
5. Записати і пояснити закони Ньютона для кількості сприйнятого і відданого тепла.
6. Вивести формулу розрахунку теплового потоку для плоскої одношарової і багатошарової конструкції.
7. Вивести формулу теплового потоку для циліндричної одношарової і багатошарової конструкції.
8. Визначити товщину стіни, якщо її загальний опір $1,083 \text{ м}^2 \text{ година град/ккал}$;
 $\lambda_t = 0,6 \text{ ккал/м година град}$; $\alpha_y = 7,5 \text{ ккал/ м}^2 \text{ година град}$;
 $\alpha_{отд} = 15 \text{ ккал/м}^2 \text{ година град}$.
9. Визначити коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни, якщо товщина стіни дорівнює 30 мм, різниця температур між поверхнями 30°C , тепловий потік дорівнює $100 \text{ ккал/м}^2 \text{ година}$.
10. Визначити можливу температуру на протилежній від пожежі поверхні протипожежної перешкоди при наступних умовах:
 - товщина перешкоди 50 див;
 - $t_{ист}^0 = 900^\circ\text{C}$; температура повітря 20°C ;
 - $\lambda_t = 0,6 \text{ ккал/м година град}$;
 - $\alpha_y = 32,5 \text{ ккал/м}^2 \text{ година град}$;
 - $\alpha_{отд} = 12 \text{ ккал/м}^2 \text{ година град}$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ АРМАТУРИ І ШВИДКОСТІ
ПРОГРІВУ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ
ПРИ НЕСТАЦІОНАРНОМУ ТЕПЛОВОМУ РЕЖИМІ

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ

а) *Поняття нестационарної теплопровідності. Коефіцієнт температуропровідності.*

Нестационарною теплопровідністю називається процес поширення тепла внаслідок безпосереднього зіткнення по-різному нагрітих часток тіла за умови, що температура тіла змінюється за координатами X, Y, Z і в часі τ .

Нестационарна теплопровідність має місце при нагріванні й охолодженні тіл. У практиці пожежної справи, як правило, приходиться вирішувати задачі нестационарної теплопровідності при нагріванні тіл.

При нагріванні стінки з однієї сторони й охолодженні з іншої, що найчастіше спостерігається в умовах пожежі, характер зміни температури по товщині стінки представлений на, рис. 2.1.

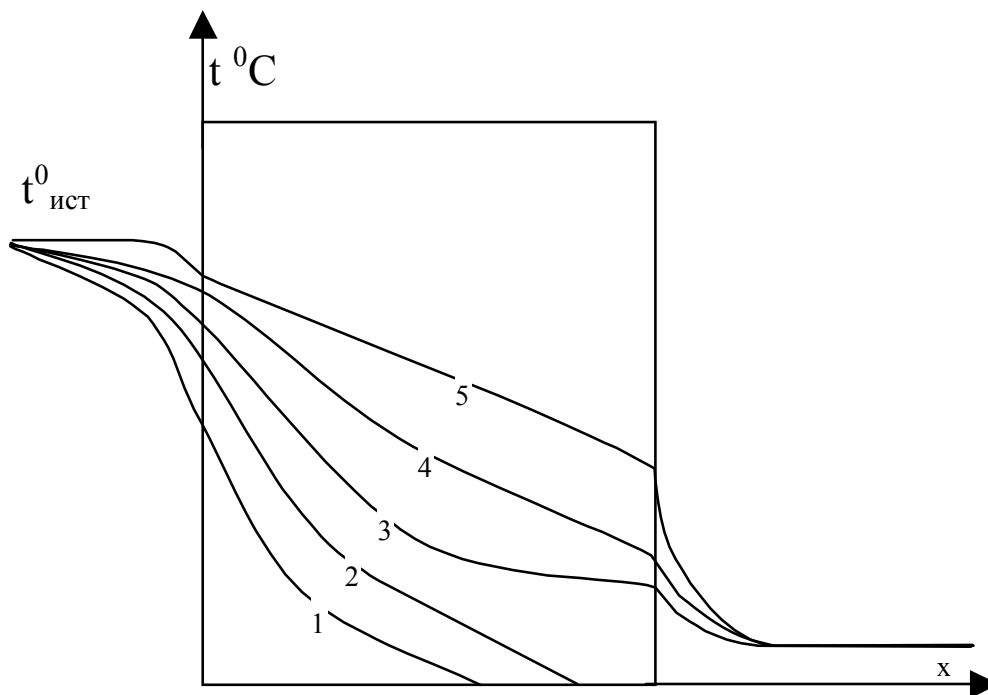


Рис. 2.1 – Зміна температури за часом по товщині стінки, що нагрівається з однієї сторони

Як видно з рисунку, спочатку розподіл температури по товщині стінки має вигляд кривих 1 і 2. Потім стінка починає прогріватися по всій товщині (криві 3 і 4); Після закінчення деякого часу (теоретично нескінченно великого) наступить стаціонарний тепловий режим. Лінія розподілу, температур при цьому буде мати вигляд кривої 5.

У загальному виді за часом можуть змінюватися і температура навколишнього середовища і температура тіла в інших напрямках.

Швидкість зміни температури по товщині стінки (тіла) характеризується коефіцієнтом температуропровідності, обумовленим по рівнянню:

$$\alpha_t = \frac{\lambda_t}{C_t \gamma} \left[\frac{M^2}{\text{час}} \right] \quad (1)$$

Чим більше коефіцієнт температуропровідності тіла, тим, за інших рівних умов, воно швидше прогріється до тієї ж температури.

Величина коефіцієнта температуропровідності α_t залежить від середньої температури тіла. Зі зміною температури тіла змінюються, коефіцієнт теплопровідності λ_t і питома теплоємність C_t .

Залежність коефіцієнта теплопровідності від температури тіла визначається по уже відомій формулі:

$$\lambda_t = \lambda_0 \pm \beta t_{cp} \quad (2)$$

Питома теплоємність тіла збільшується зі збільшенням температури по наступному закону:

$$C_t = C_0 + \beta' t \quad (3)$$

Тут C_t - теплоємність тіла при середній температурі $t_{\text{порівн}}^0$;

C_0 - табличне значення теплоємності тіла;

β' - дослідний коефіцієнт, що враховує збільшення теплоємності тіл з підвищенням температури на 1 градус. (Обирається за додатком 1).

Середню температуру, тіла $t_{\text{порівн}}^0$, за весь період нагрівання визначають по формулі:

$$t_{cp} = \frac{t_{\text{вн}}^0 + t_{\text{нар}}^0}{2} \quad (4)$$

Величина $t_{\text{вн}}^0$ і $t_{\text{нар}}^0$ часто не відомі до розрахунку. Тоді для внесення виправлень на зміну фізичних параметрів від температури тіла можна визначити $t_{\text{порівн}}^0$ так:

$$t_{cp}^0 = \frac{t_{\text{вн}}^0 + t_{\text{нар}}^0}{2} \quad (5)$$

Після завершення розрахунку в першому наближенні $t_{\text{порівн}}^0$ приймають як вихідну величину для обчислення α_t, C_t, λ_t . Якщо останні відрізняються від отриманих у першому наближенні більш ніж на 10 %, то розрахунок повторюють.

б) Поняття напівобмеженого тіла. Рівняння нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла при граничних умовах I роду.

Напівобмеженим називається тіло, обмежене з однієї сторони площиною, а в двох інших напрямках має нескінченно великі розміри. Прикладом напівобмеженого тіла може служити нескінченно довгий стрижень, бічна поверхня якого має ідеальну теплову ізоляцію.

Стіни приміщень, що нагріваються з однієї сторони в умовах пожежі до того часу, поки не підвищується температура протилежної поверхні, також являють собою напівобмежені тіла.

У практиці прогріву стін, що нагріваються з одного боку, розраховують по рівняннях теплопровідності напівобмеженого тіла й у тому випадку, коли температура протилежної поверхні вже підвищується. Однак у цьому випадку можливість такого розрахунку обмежена наступною умовою:

$$\frac{\delta}{2\sqrt{\alpha_t \tau}} \geq 0,6 \quad (6)$$

де d – товщина стінки, у м;
 α_t – коефіцієнт температуропровідності, м²/год;
 τ – час нагрівання або охолодження, у годинник.

Рівняння нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла має різний вигляд у залежності від завдання граничних умов, тобто умов протікання процесу нагрівання або охолодження на поверхні тіла. Найбільш простий вид воно має, коли граничні умови постійні в часі. Так, при граничних умовах першого роду (температура на поверхні напівобмеженого тіла підвищилася до величини $t_{\text{вн}}^0$ і далі залишається постійною на весь період нагрівання) рівняння нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла має вигляд:

$$t_{x,\tau}^0 = t_{\text{вн}}^0 - (t_{\text{вн}}^0 - t_{\text{нар}}^0) f\left(\frac{\delta}{2\sqrt{\alpha_t \tau}}\right), \quad (7)$$

де $t_{x,\tau}^0$ – температура і будь-якій точці X, у будь-який момент часу тіла, що нагрівається;

t_0 – початкова температура, у °С;

f – математична функція Крампа; $\left(\frac{\delta}{2\sqrt{\alpha_t \tau}}\right)$ – аргумент;

τ – час прогріву, у годинник.

У практиці пожежної справи температура на зовнішній поверхні тіла може бути задана технологічним режимом нагрівання або охолодження. Знаючи її, за рівнянням (7) можна визначити, через скільки годин буде припустима температура на, зовнішньої поверхні.

в) *Стандартний температурний режим. Рівняння нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла при стандартному температурному, режимі.*

При пожежах у житлових і суспільних будинках горять в основному однакові матеріали (деревина). Їхня кількість на одиницю площі приблизно однаково. Подібні також і умови тепло- і газообміну,

Тому температурний режим у таких будинках приблизно однаковий і має такий вид;

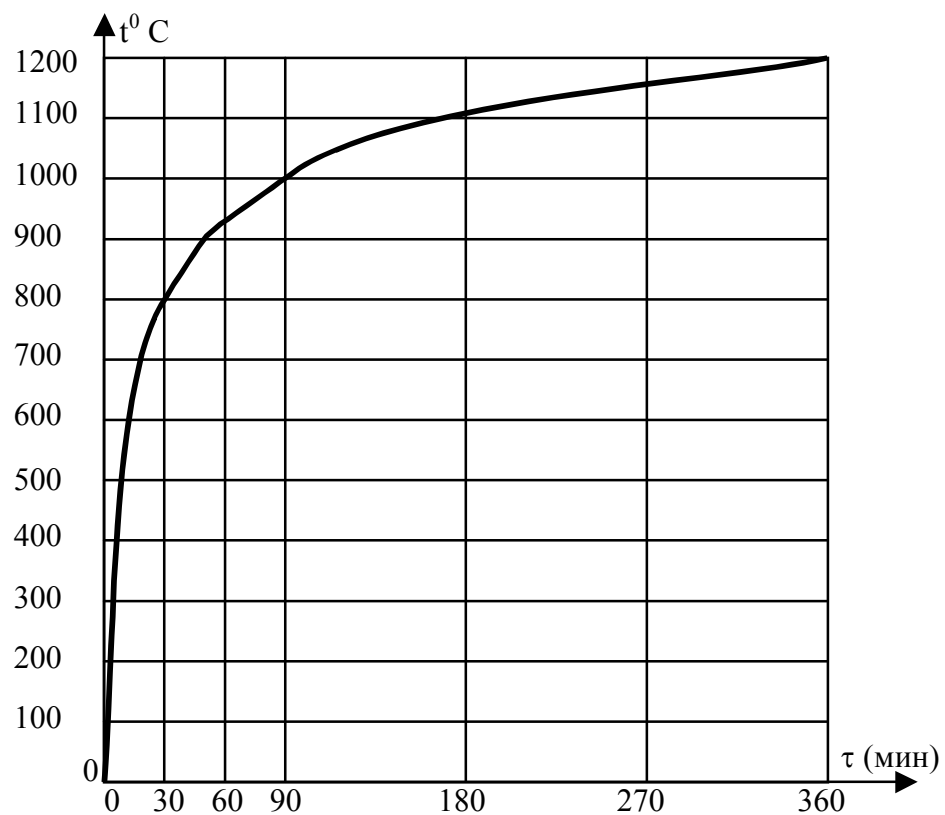


Рис. 2.2 – Температурний режим при пожежах у житлових і суспільних будинках

Розглядаючи криву, можна помітити, що спочатку температура швидко підвищує приблизно до 250 °C. Однак, унаслідок малої кількості повітря на горіння, температура потім трохи знижується. Коли ж руйнується скло віконних прорізів, температура починає швидко підвищуватися. Час до руйнування скла може складати 30 – 40 хв. Цей проміжок горіння називають *Початковою стадією*.

Ділянка температурної кривої після руйнування скла називається *стандартним температурним режимом*. Ділянка цієї кривої прийнята будівельними нормами і правила при іспиті конструкцій на вогнестійкість.

При стандартному температурному режимі і дотриманні умови (рівняння 6) А.И. Яковлев одержав наступне рівняння нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла:

$$t_{x,\tau}^0 = 1200 - (1200 - t_0^0) f \left(\frac{0,62 + \frac{x}{\sqrt{a_t}}}{2\sqrt{\tau}} \right), \quad (8)$$

де $t_{x,\tau}^0$ – температура на відстані X від поверхні, що обігривається, у момент часу τ ;

f – функція Крампа.

Як визначальну температуру при обчисленні a_t рекомендується приймати 450°C .

Рівняння (8) у практиці пожежної справи використовується для визначення або температури $t_{x,\tau}^0$, або відстані X , або часу τ .

При визначенні часу τ послідовність рішення задачі така:

1. При визначальній температурі 450°C визначають фізичні параметри λ_t , C_t , a_t .

2. З рівняння (8) обчислюють функцію Крампа,

$$f(A) = \frac{1200 - t_{x,\tau}^0}{1200 - t_0^0}$$

3. За додатком знаходять аргумент A .

4. З виразу

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

знаходять час прогріву до заданої температури $t_{x,\tau}^0$.

$$\tau = \frac{0,3844 + \frac{x}{\sqrt{a_t}} \left(1,24 + \frac{x}{\sqrt{a_t}} \right)}{4A^2}, \text{ (год)}$$

МЕТА РОБОТИ

Лабораторна робота має на меті поглибити знання по практичному використанню рівнянь нестационарної теплопровідності напівобмеженого тіла при граничних умовах 1 роду. У результаті роботи слухачі повинні засвоїти:

- а) фізичну сутність нестационарної теплопровідності;
- б) практичне використання рівнянь нестационарної теплопровідності при граничних умовах 1 роду і стандартному температурному режимі;
- в) як розподіляються температури в товщі огороження при нестационарному температурному режимі (шляхом побудови графіків).

ОПИС УСТАНОВКИ

Принципова схема лабораторної установки представлена на рис. 2.3

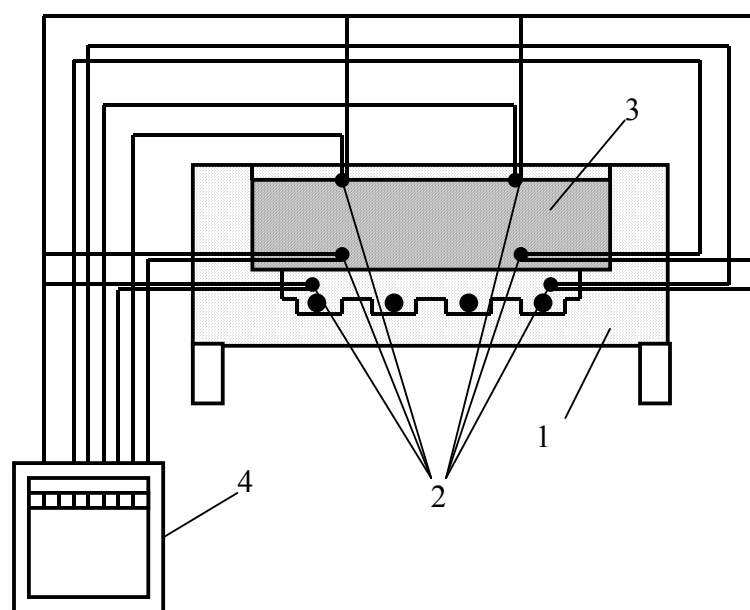


Рис. 2.3 – Схема установки для визначення температури арматури і швидкості прогріву залізобетонної конструкції
1 – електрична піч; 2 – термопари; 3 – залізобетонна плита; 4 – потенціометр

Установка містить у собі електричну піч 1, спіраль якої служить джерелом тепла. Залізобетонна плита вставляється в спеціальне поглиблення.

У залізобетонній плиті температура вимірюється термопарами, що встановлювалися в процесі виготовлення цієї конструкції. З метою зменшення інерційності термопар діаметр їхнього дроту обраний не більш 0,8 мм. Порядок місць установки термопар обраний наступний.

На внутрішній і зовнішній поверхнях плити термопари встановлені в 4-х точках по діагоналі.

На робочій арматурі в даній точці встановлені на поверхні уздовж стрижня по дві термопари, одна з яких розташована з боку поверхні, що обігривається, а інша - на протилежній поверхні стрижня.

Термопары, установленные на рабочих элементах и на поверхности плиты, притискаются до мест измерения температуры на длине, длиной не менее 30 диаметров проволоки термопары.

Показания термопар регистрируются с помощью милливольтметра, градуированного в градусах $^{\circ}\text{C}$, подключенного к термопаре через переключатель.

Температура поверхности элемента определяется как среднее арифметическое из показаний всех термопар. При отклонении показаний одной из этих термопар больше, чем на 25 % от среднего арифметического, показания этой термопары не учитываются.

ПРОВЕДЕНИЯ ВИПРОБУВАНЬ

До начала испытаний рассчитать объемную массу плиты, определив ее массу и объем.

После ознакомления с описанием установки, а также с самой установкой включают электрическую печь. Температура в печи должна повышаться по стандартной кривой «температура – время».

Допускаются следующие отклонения температуры в печи от указанных выше значений стандартной кривой:

- протягом перших 30 хв. іспиту (10%);
- протягом наступного часу $\pm 5\%$.

Показания термопар регистрируются через каждые 10 минут.

Испытание закончить по достижении на внешней поверхности температуры в среднем больше, чем на 140°C над начальной температурой плиты.

Записать толщину защитного слоя арматуры (сообщается преподавателем).

В связи с тем, что на данной установке не обеспечивается поддержание стандартного температурного режима, то расчеты проводятся по уравнению нестационарной теплопроводности при граничных условиях 1 рода.

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

1. Найти среднюю температуру прогрева плиты

$$t_{cp}^0 = \frac{t_{вн}^0 + t_{нар}^0}{2}$$

тут $t_{вн}^0$ – прийняти на 30° нижче $t_{ист}^0$;
 $t_{нар}^0$ – прийняти $140^{\circ}\text{C} + t_{возд}^0$.

2. Обчислити коефіцієнти:

$$\lambda_t = 1,03 - 0,0003 \cdot t, \quad C_t = 0,17 + 0,0002 \cdot t, \quad a_t = \frac{\lambda_t}{C_t \rho}$$

прийняти $\rho=2300 \text{ кг/м}^3$,

3. Визначити величину функції Крампа

$$f\left(\frac{\delta}{2\sqrt{a_t\tau}}\right) = \frac{t_{вн}^0 - t_{x,\tau}^0}{t_{вн}^0 - t_0^0}$$

Прийняти $t_{x,\tau} = 140 + t_{пов}$, $t_0 = t_{пов}$

4 За додатком 2 дані функції вибрати відповідне значення аргументу А:

$$A = \frac{\delta}{2\sqrt{a_t\tau}}$$

5. Визначити час прогріву τ до температури на поверхні, що необігривається, 160°C .

$$\tau = \frac{\delta^2}{4a_t A^2}$$

тут $\delta = 0,6 \text{ м}$.

6. Використовуючи дані результатів випробувань, побудувати графік залежності температури від часу.

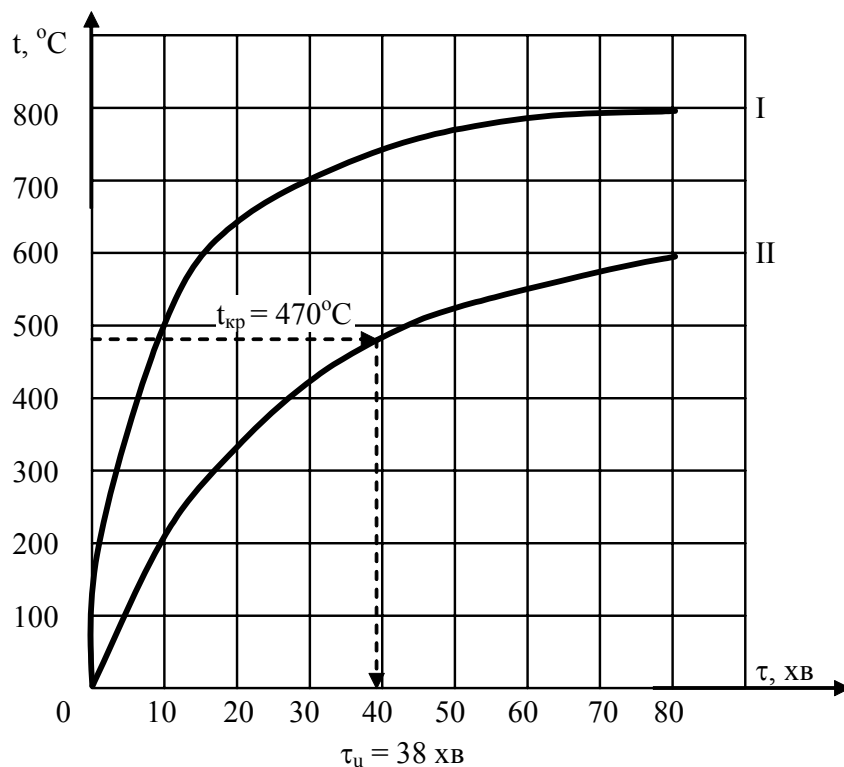


Рис. 2.4 – Залежність температури від часу

- 1 – графік залежності температури джерела від часу;
- 2 - графік залежності температури арматури від часу.

7. На підставі побудованого графіка знайти час прогріву арматури зразка до критичної температури вважаючи, що він армований сталлю класу А–І (Ст. 3). Для такої сталі критична температура складає $470\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для цього необхідно на осі $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ відкласти $t_{\text{кр}}^0 = 470\text{ }^{\circ}\text{C}$ і провести пунктирну пряму до перетинання з кривою 2. Точку перетинання спроектувати на вісь τ .

Результат порівняти з межею вогнестійкості вільно обпертої залізобетонної балки по ДБН В.2.2–7–02.

8. Зробити висновок про відповідність знайденого часу прогріву арматури до критичної температури з даними по ДБН.

Використовуючи дані результатів дослідів, побудувати графік зміни температури зразка в часі по товщині зразка.

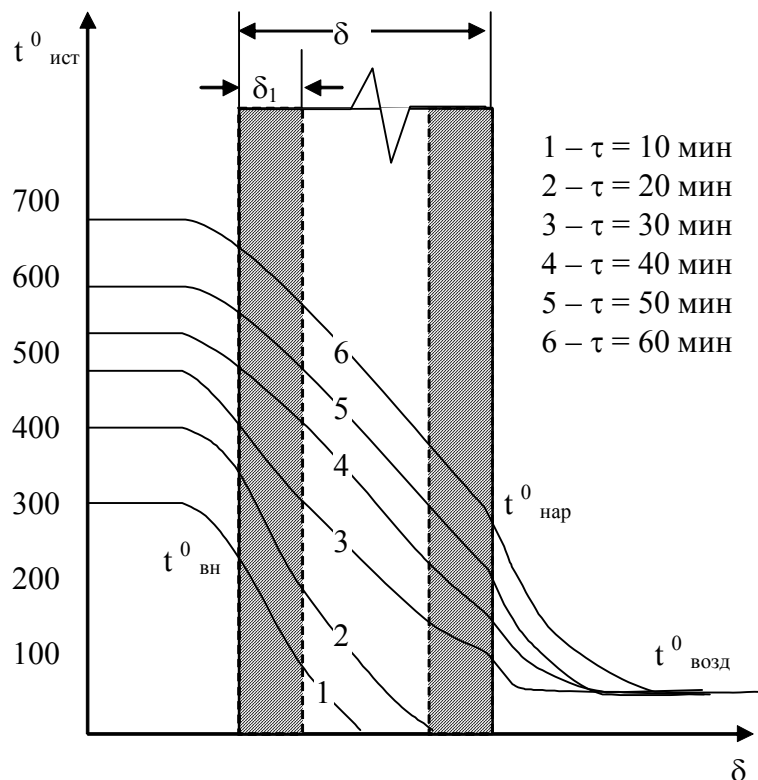


Рис. 2.5 – Залежність температури зразка від часу прогріву

Зробити висновок про поступовий перехід нестационарного режиму теплопередачі в стаціонарний.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ

1. Для якої мети прийнята стандартна крива "температура – час".
2. Яка фізична сутність коефіцієнта температуропровідності?
3. В чим відмінність одностороннього нагрівання від двостороннього при нестационарному тепловому режимі?

4. Записати розрахункове рівняння нестационарної теплопровідності при граничних умовах I роду.

5. Записати розрахункове рівняння нестационарної теплопровідності при стандартному температурному режимі.

6. Через протипожежну стіну проходить сталевий стрижень, що представляє собою напівобмежене тіло. Торець стрижня раптово нагрівається до $t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і в подальшому його температура не змінюється. Початкова температура стрижня $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначити температуру стрижня на виході зі стіни товщиною 25 см у суміжне приміщення через 4 години теплового впливу.

7. Сталевий теплоізолюючий стрижень проходить через стінку товщиною 10 см; поверхня стрижня з однієї сторони стіни раптово підвищується до температури $t_{\text{вн}} = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ і потім залишається постійною. Початкова температура $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначити час досягнення температури $t_{\text{х,т}} = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ на відстані 10 см від внутрішньої сторони стрижня.

8. Сталевий теплоізолюючий стрижень обігривається за стандартним температурним режимом $t_{\text{вн}} = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$, а $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Час прогріву 0,5 години.

Визначити, на якій відстані від поверхні, що обігривається, буде температура $220\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. М. П. Башкірцев й ін. Основи пожежної теплофізики- М., 1971.
2. М. П. Башкірцев Задачник по теплопередачі в пожежній справі. М., 1971.
3. ДСТУ 2272-93. Пожежна безпека. Терміни та визначення. Держстандарт України. -Київ.: 1994. -24с.
4. ДСТУ Б.В.1.1-4-98 Протипожежний захист. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
5. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.
7. А.С. Пушкаренко, О.В. Васильченко "Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур" /Навчальний посібник. – Харків: АПБУ, 2001. – 166с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ОЦІНКА ЗМІНИ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ НАГРІВАННІ

Ціль лабораторної роботи - експериментальна оцінка зміни межі міцності бетону (розчину) при нагріванні.

Щоб виконати дану лабораторну роботу і кваліфіковано пояснити підучені експериментальні дані, необхідно повторити (вивчити) наступні положення.

Бетони і будівельні розчини є композиційними матеріалами, що складаються з цементного каменю, заповнювачів і утримуючими фізично і хімічно зв'язану воду.

Основна відмінність бетону від розчину - відсутність у розчині великого заповнювача

I. Фізико-механічні властивості бетонів і розчинів при інтенсивному нагріванні (в умовах пожежі) перетерплюють значні зміни. Якісна зміна фізико-механічних властивостей бетонів і розчинів при дії на них високих температур практично однаково. Розходження носять лише кількісний характер.

Поведінка бетонів і розчинів при нагріванні до високих температур залежить від поведінки окремих компонентів, що входять у їхній склад, а також від характеру їхньої взаємодії, швидкості нагрівання матеріалу й інших факторів.

Основні причини, що приводять до зниження міцності бетонів і розчинів при інтенсивному нагріванні (в умовах пожежі), що впливають:

- агресивна дія процесів тепловологопереносу в капілярно-пористій структурі матеріалу;
- виникнення внутрішніх напружень, обумовлених розходженням величин температурних деформацій компонентів цементного каменю і заповнювачів;
- зниження міцності цементного каменю в результаті дегідратації і дисоціації клінкерних мінералів;
- спільна дія високої температури і зовнішнього навантаження (на конструкцію з бетону).

Ці причини діють у сукупності у визначених діапазонах температур нагрівання матеріалу. Так, при інтенсивному нагріванні бетонів і розчинів на портландцементі від початкової температури до 200 – 300 °С протікають одночасно два протилежних процеси. З одного боку, це процес нагромадження порушень структури матеріалу, тобто процес поступового руйнування матеріалу. З іншого боку, це процес зміцнення матеріалу.

Обоє ці процеси обумовлені впливом факторів тепловлагопереносу: градієнтів температури, тиску пари при інтенсивному випарі фізично зв'язаної вологи в порах цементного каменю, вологовмісту. Ці градієнти виникають по товщині виробу (зразка) при інтенсивному нагріванні.

Дія відзначених факторів тепловологопереносу при відповідних умовах (перевищенні цими градієнтами критичних величин) може привести до вибухвального руйнування бетонного виробу (зразка).

Одночасно з процесом нагромадження порушень структури, матеріалу діють процеси її зміцнення. Цьому сприяє, по-перше, звільнення пор бетону від фізично зв'язаної вологи (знімаються внутрішні напруження в структурі бетону від дії капілярних сил поверхневого натягу вологи в порах матеріалу). По-друге, процеси тепловологопереносу створюють у деякі проміжки часу (величина цих проміжків залежить від швидкості прогріву матеріалу) сприятливі умови (як в автоклавах – підвищена температура, тиск, вологовміст) для прискореного протікання незавершеного процесу гідратації (кристалізації) клінкерних мінералів портландцементу. Цей процес (зміцнення) частіше переважає над процесом руйнування структури матеріалу, що в підсумку приводить до деякого підвищення міцності бетону у відзначеному діапазоні температур його нагрівання.

При подальшому підвищенні температури (вище 300 °С) міцність бетонів і розчинів знижується в результаті протікання наступних основних процесів;

- дегідратації (у діапазоні температур 250 – 1000 °С) і дисоціації (у діапазоні температур 600 – 900 °С) клінкерних мінералів цементного каменю, що приводять до зниження його міцності.

- різнозначних деформацій гелеподібної (аморфної) частини цементного каменю, що перетерплює усадку, кристалічного зростка і негідратованих зерен портландцементу, які піддаються вільному температурному розширенню, що супроводжується виникненням температурних напруг у цементному камені і зниженням його міцності;

- виникнення температурних напруг унаслідок розходження деформацій цементного каменю і заповнювача. Ці деформації можуть відрізнитися як по величині, так і по напрямку;

- модифікаційних перетворень кварцу в заповнювачі при температурах 575 і 670 °С, що супроводжуються значним збільшенням його обсягу.

Поряд зі зниженням міцності зазначені процеси приводять до значної зміни пружних-пластичних властивостей бетонів і розчинів, що виявляється в зниженні їхнього модуля пружності і наростанні пластичних деформацій повзучості. Причому чим вище величина робочого навантаження, прикладеної до бетонної конструкції, тим інтенсивніше ростуть деформації повзучості бетону.

У період вистигання бетону в контакті з вологою повітря або водою (при гасінні пожежі), а також при подальшому перебуванні остиглого бетону в контакті з вологою відбувається процес вторинної гідратації (гасіння) вільного вапна (що утворилося при нагріванні бетону вище 500 °С). Це супроводжується збільшенням кількості вапна в обсязі і подальшому руйнуванні бетону.

При експериментальному визначенні міцності бетонів (розчинів) необхідно мати наступне.

Під міцністю бетону (розчину) при стисканні розуміють відношення осьової стискаючої сили, що руйнує, N_p зразка-куба, зразка-призми або зразка-циліндра стандартних розмірів до площі його перерізу A нормального до цієї сили.

Тому кажуть про кубову, призменну і циліндричну міцності бетону (розчину).

Відповідно ГОСТ 10180-78, міцність бетону визначають на зразках-кубах з довжиною ребер 300, 200, 150, 100 і 70 мм. При цьому за еталон приймають куб з розміром ребра 150 мм. Якщо розмір ребра куба відрізняється від еталонного отриману експериментальну міцність множать на перекладний коефіцієнт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Розміри зразка, мм	Значення коефіцієнта α
300 x 300 x 300	1,10
200 x 200 x 200	1,05
150 x 150 x 150	1,00
100 x 100 x 100	0,91
70 x 70 x 70	0,85

Відповідно ГОСТ 24452–80, призменну міцність бетону визначають на зразках-призмах квадратного або круглого перетину з відношенням висоти до ширини (діаметру), рівним 4. Ширина (діаметр) зразків приймається рівної 70, 100, 150, 200 і 300 мм – у залежності від призначення і виду конструкцій і виробів. За еталон приймають зразок з розмірами ребер 150x150x600 мм. крім того, межа міцності бетону (розчинів) при стиску визначають на зразках-балочках з розмірами ребер 46x40x160 мм або зразках-кубах з ребром 70 мм, випробуваних у "віці" 28 сут. При використанні зразків-балочок допускається іспит їхніх половинок, отриманих у результаті руйнування балочки при іспиті на вигин.

2. Методика експериментального визначення міцності бетонів при нагріванні передбачає використання наступного устаткування і матеріалів: гідравлічного пресу П-10; муфельної печі для нагрівання зразків; термошаф; штангенциркулів; підйомних приладів, а також зразків бетону (розчину).

Гідравлічний прес П-10 (рис 3.1) являє собою установку, що складається з пристрою, що навантажує, і пульта керування. Пристрій, що навантажує, призначено для деформування і руйнування випробуваного зразка. Пульт керування складається з насосної установки із системою керування і силовимірювача. Пристрій, що навантажує, має станину, що являє собою раму, що складається з підставки і траверси, з'єднаних двома колонами. У підставці преса розташований циліндр, на плунжері якого закріплений стіл (рис. 3.2).

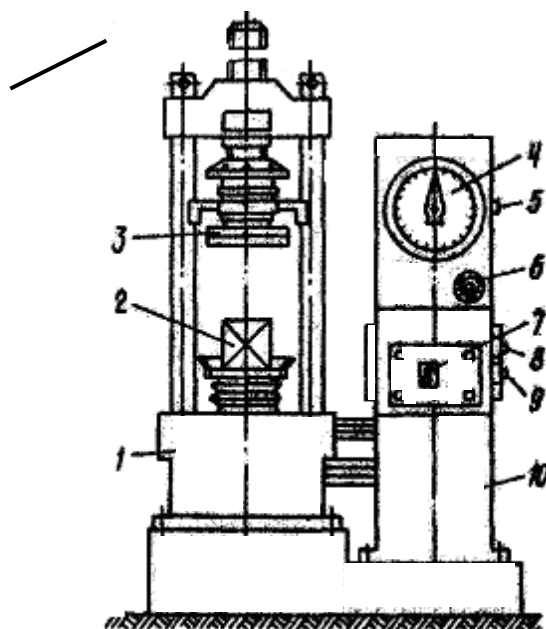


Рис. 3.1 Схема преса П-10:

1 – вантажний пристрій, 2 – зразок, 3 – верхня опорна плита, 4 – силовимірювач, 5 – рейкова передача, 6 – управляючий маховик, 7 – автоматичний вимикач, 8 – кнопка "Пуск", 9 – кнопка "Стоп", 10 – пульт керування.

На стіл установлюють випробуваний зразок. Під дією тиску масла в гідросистемі плунжер переміщається нагору (опускаються рухливі частини під дією власної маси). Верхня опорна плита має самоустановлюючу сферичну опору, що забезпечує осьовий додаток навантаження до зразка (рис. 3.1). Для установки необхідного робочого простору (у залежності від висоти випробуваного зразка) плиту можна переміщати вручну за допомогою маховика (рис. 3.2). Пульт керування являє собою блокову систему.

Нижня частина пульта – насосна установка, верхня – силовимірювальний бак. Насосна установка складається з бака і блоку з електро- і гідроапаратурою. Керування навантаженням при іспитах проводиться дроселем, який можна переміщати вручну (рис. 3.1). У силовимірювальному блоці розташований торсіонний силовимірювач (рис. 3.2). Зусилля від тиску масла в силовимірювальному циліндрі передається на важіль, що закручує торсіон на кут, пропорційний величині тиску в циліндрі і, отже, величині навантаження на зразок.

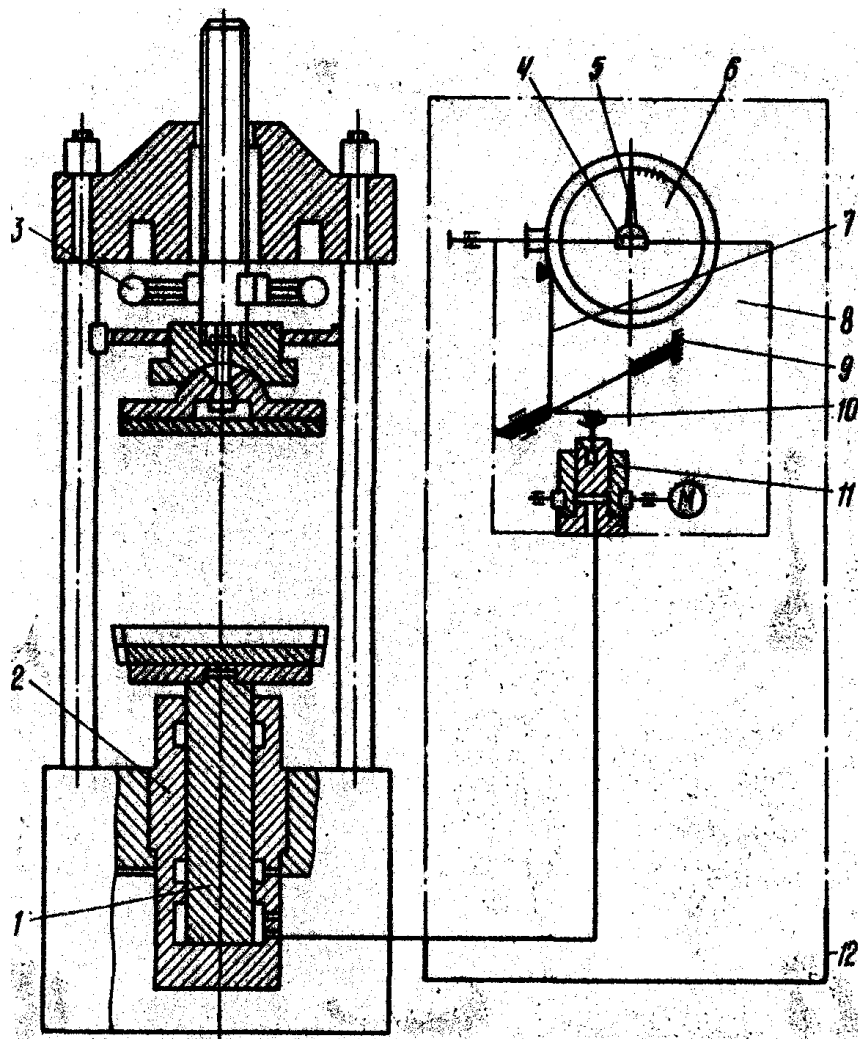


Рис.3.2 – Кінематична схема преса П-10: 1 - плунжер циліндра; 2 - циліндр; 3 - маховик; 4 - рейкова передача; 5 - стрілка; 6- шкала навантажень, 7 – штовхальник; 8 – торсіонний силосвмірювач, 9 - торсіон; 10 – важіль; 11 - силови-мірювач циліндр; 12 – бак для олії

При виконанні лабораторної роботи дотримується наступний порядок.

Слухачі одержують зразки-кубики або зразки-балочки стандартних розмірів, попередньо прогріті в муфельних печах до заданих температур з наступним охолодженням до кімнатної температури.

Для іспиту на стиск зразків-балочок передбачене спеціальне затискне пристосування, що складається з двох опорних пластин з упорами (рис. 3.3).

Одержавши зразки, слухачі за допомогою штангенциркуля ретельно вимірюють (з точністю до 0,1 мм), а також обчислюють площу поверхні A , на яку буде відбуватися силовий вплив. Для кубиків – це поверхня грані, перпендикулярної площини заливання зразка при його виготовленні. Для балочок – це робоча поверхня спеціальних опорних пластин (рис. 3.3).

Завершивши обмірювання зразків, слухачі приступають до випробування, використовуючи гідравлічний прес П-10.

Слухачі, що одержали для випробувань зразка-палички, попередньо руйнують їх на дві приблизно рівні частини.

Відповідно до ГОСТ 10180-78, випробування варто проводити безпосередньо на зразках, нагрітих до необхідної температури і витриманих при цій температурі протягом 1 год. Прийнятий порядок випробувань відрізняється від стандартного й обумовлений бюджетом часу, що відводиться на виконання лабораторної роботи. З огляду на те, що міцність бетону (розчину) не відновлюється після охолодження зразків, можна вважати, що результати не будуть якісно відрізнятися від результатів, отриманих при стандартних іспитах.

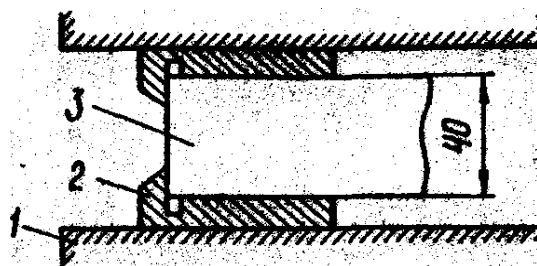


Рис. 3.3 – Схема випробування половинки цементної балочки на стиск:
1 – прес, 2 – затискні пластини, 3 – зразок-балочка

При випробування зразків на пресі П-10 поворотом маховика встановлюють необхідний робочий простір - у залежності від висоти зразка. Зразок поміщають на стіл преса, центруючи його по рисках, які нанесено на плиті столу. При випробуванні зразків-балочок їх поміщають між опорними пластинами.

За допомогою маховика встановлюють зазор між верхньою плитою і верхнім торцем зразка, рівним 10 – 15 мм. Включають живлення преса. Поворотом маховика створюють навантаження на зразок. Після руйнування зразка поворотом маховика необхідно опустити рухливі частини преса і по контрольній стрілці зробити відлік показань силовимірювача, тим самим, визначивши значення осьової стискаючої сили, що руйнує.

Завершивши іспити, отримані результати обробляють у таким чином. Обчислюють межу міцності (МПа) бетону при стисканні, користуючись формулою

$$R_b = \alpha \frac{N_p}{A}$$

де N_p – осьова стискаюча сила, що руйнує, Н;

A - площа перетину зразка-кубика, нормально до напрямку дії стискаючої сили (при іспиті зразків-балочок, m^2 ; A - площа робочої поверхні опорної пластини) m^2 ;

α – перекладний коефіцієнт, прийнятий по таблиці 6 у залежності від розмірів зразків-кубиків. Для зразків-балочок $\alpha = 1$.

При використанні преса П-10 значення N_p , приймають безпосередньо за показниками силовимірювача;

Результати вимірів і розрахунків заносять у таблицю 3.2.

Результати експериментального дослідження надають у виді графіка залежності межі міцності бетону від температури. У висновках пояснюють характер отриманої залежності і порівнюють її з відомими теоретичними даними по цьому питанню.

Таблиця 3.2

Номер зразка	Температура прогріву $t, ^\circ\text{C}$	Форма зразка	Площа поперечного перерізу $A, \text{м}^2$	Перекладний коефіцієнт α	Сила, що руйнує, $N_p, \text{Н}$	Межа міцності $R_b, \text{МПа}$

Контрольні питання

1. Що являють собою бетони, будівельні розчини, класифікація бетонів, вимоги до компонентів бетону.

2. Поняття міцності. Визначення межі міцності (на стиск) бетону.

3. Процеси, що приводять до зміни міцності бетонів і розчинів при дії на них високих температур.

4. Особливості поведінки важких, легких і ячеїстих бетонів в умовах пожежі.

5. Чи відповідають отримані експериментальні дані відомим теоретичним положенням про поведінку бетонів (розчинів) при нагріванні до високих температур.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОЇ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ

Мета лабораторної роботи – відпрацювати методику експериментальної оцінки межі вогнестійкості залізобетонної плити, визначити теоретичне значення межі вогнестійкості залізобетонної плити, порівняти результати вогневого випробування залізобетонної плити з теоретичними розрахунками.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ

Перед виконанням роботи курсанти повинні знати наступні основні положення. Вогнестійкість залізобетонної конструкції втрачається, як правило, в результаті втрати несучої спроможності за рахунок зниження міцності, теплового розширення і температурної повзучості арматури і бетону при нагріванні, а також внаслідок втрати теплоізолювальної здатності [1].

При розрахунках вогнестійкості плоских конструкцій (плит перекриття, покриття, перегородок, стін) рівняння Фур'є вирішується для одномірного температурного поля.

Для визначення межі вогнестійкості необхідно визначити:

Коефіцієнт теплопроводності бетону:

$$\lambda_t = A + B \cdot T$$

Питома теплоємність бетону:

$$C_t = 3 + D \cdot T$$

Де коефіцієнти А, В, З, D приймаються по табл. 9, при середній температурі нагріву $t = t_m = 450^\circ\text{C}$.

Щільність бетону в сухому стані:

$$\rho_{dr} = \frac{100 \cdot \rho_b}{100 + W_b} \text{ кг/м}^3,$$

де $W_b = 3.5\%$ - вологість бетону вагова.

Наведений коефіцієнт температуропроводності:

$$a_{red} = \frac{\lambda_t}{(c_t + 0.012 \cdot W_b) \cdot \rho_{dr}} \text{ м}^2/\text{ч}.$$

Коефіцієнт врахування впливу щільності бетону K з інтерполяцією для ρ_{dr} (додаток 4).

Коефіцієнт теплообміну на поверхні, що обігріється:

$$a_1 = \frac{\lambda_t}{K \cdot \sqrt{a_{red}}} \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Те ж на необогріваємії поверхні:

$$a_2 = 5.5 + 0.045 \cdot t_{h,u} (\text{м} \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$$

Критерій Біо для поверхні, що обігрівається:

$$B_{i1} = \frac{\alpha_1 \cdot h}{\lambda_t}$$

Те ж, для необігріваємої поверхні:

$$B_{i2} = \frac{\alpha_2 \cdot h}{\lambda_t}$$

Знаходимо відношення коефіцієнтів Біо, яке повинно знаходитись у межах:

$$\frac{B_{i2}}{B_{i1}} \leq 10.$$

Допоміжний комплексний параметр:

$$N = \frac{B_{i1} + B_{i2}}{B_{i1} + B_{i2} + B_{i1} \cdot B_{i2}}$$

Безрозмірна відносна температура:

$$\theta = \frac{t_{h,u} - t_0}{(1250 - t_0) \cdot N}.$$

Комплекс Фурье K_F визначаємо по номограмі (рис. 8), з інтерполяцією, при знайдених вище параметрах θ , B_{i1} :

$$K_F = 4.3$$

Критерій Фурье F_0 :

$$F_0 = \frac{K_F}{B_{i1}^2}$$

Межа вогнестійкості залізобетонної плити (пластини) за втратою теплоізолювальної спроможності - по наскрізному прогріву тильної грані на $t = 140 + t_0$, $^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_u = \frac{F_0 \cdot h^2}{a_{red}} \text{ год.}$$

ДОДАТКИ

Додаток 1 – Коефіцієнти роботи бетону при нагріванні

Бетон	Середня щільність бетону ρ , кг/м ³	Коефіцієнт умов роботи бетону $\gamma_{\beta t}$ при температурі бетону, °С									
		20	100	200	300	400	500	600	700	800	
Важкий бетон з великим заповнювачем з силікатних порід	2350	1.0	0.85	0.95	0.85	0.7	0.55	0.35	0.2	0.05	
Те ж, з карбонатних порід	2350	1.0	0.9	1.0	0.9	0.75	0.6	0.4	0.25	0.06	
Легкий бетон з великим заповнювачем з керамзиту	1600	1.0	0.95	1.0	0.9	0.75	0.65	0.65	0.55	0.4	
Керамзитоперлітобетон	1200	1.0	0.92	0.83	0.74	0.65	0.55	0.47	0.37	0.28	

Додаток 2. – Коефіцієнти роботи арматури при нагріванні

Клас арматури	$\gamma_{\sigma t}$ при температурі нагрівання, °С									
	≤350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
А – І	1.0	1.0	0.8	0.65	0.5	0.35	0.23	0.15	0.05	0
А – ІІ	1.0	1.0	0.9	0.7	0.5	0.35	0.23	0.15	0.05	0
А – ІІІ	1.0	1.0	0.95	0.75	0.6	0.45	0.30	0.15	0.10	0.05
А – ІІІв	1.0	1.0	0.9	0.65	0.45	0.35	0.20	0.10	0.05	0
В–І, Вр–І	0.85	0.65	0.50	0.30	0.15	0.05	0	0	0	0
В–ІІ, Вр–ІІ	0.65	0.53	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0	0	0

Додаток 3 – Теплофізичні характеристики бетонів

№ п.п.	Вид бетону	ρ_{dr} , кг/м ³	$\lambda_t = A + B \cdot t$, ккал/(м·год·°С)	$C_t = C + D \cdot t$
1.	На гранітному щебені	2330	$\lambda_t = 1,03 - 0,0003t$	$C_t = 0,17 + 0,0002t$
2.	На вапновому щебені	2250	$\lambda_t = 0,98 - 0,00047t$	$C_t = 0,17 + 0,0002t$
3.	Пісчаний бетон	1900	$\lambda_t = 0,9 - 0,0005t$	$C_t = 0,184 + 0,00015t$
4.	Керамзитобетон	1380	$\lambda_t = 0,33 + 0,00007t$	$C_t = 0,2 + 0,000114t$
5.	Те ж	1030	$\lambda_t = 0,22 + 0,000064t$	$C_t = 0,2 + 0,000093t$
6.	Газобетон	1100	$\lambda_t = 0,27$ (const)	$C_t = 0,22 + 0,00015t$
7.	Перегородки і стіни з цегли глиняної (орієнтовно)	1800	$\lambda_t = 0,65 - 0,0003t$	$C_t = 0,21 + 0,0001t$
8.	Те ж, з силікатної цегли (орієнтовно)	1900	$\lambda_t = 0,73 - 0,0003t$	$C_t = 0,2 + 0,0001t$

Додаток 4 – Коефіцієнт щільності бетону

$\rho_{dr}, \text{кг/м}^3$	1000	1500	2000	2300	2450
$K, \rho^{1/2}$	0.55	0.58	0.60	0.62	0.65

Додаток 5 – Функція помилок Гаусса

X	erf X	X	erf X	X	erf X	X	erf X	X	erf X
0.00	0.000	0.56	0.571	0.80	0.742	1.04	0.858	1.40	0.952
0.10	0.112	0.58	0.587	0.82	0.753	1.06	0.866	1.50	0.966
0.20	0.222	0.60	0.603	0.84	0.765	1.08	0.873	1.60	0.976
0.30	0.328	0.62	0.619	0.86	0.776	1.10	0.880	1.70	0.983
0.40	0.428	0.64	0.634	0.88	0.786	1.12	0.886	1.80	0.989
0.42	0.447	0.66	0.649	0.90	0.796	1.14	0.893	1.90	0.992
0.44	0.466	0.68	0.663	0.92	0.806	1.16	0.899	2.00	0.995
0.46	0.484	0.70	0.667	0.94	0.816	1.18	0.904	2.20	0.998
0.48	0.502	0.72	0.691	0.96	0.825	1.20	0.910	2.40	0.999
0.50	0.520	0.74	0.704	0.98	0.834	1.22	0.915	2.60	0.999
0.52	0.537	0.76	0.717	1.00	0.842	1.26	0.925	3.00	0.999
0.54	0.554	0.78	0.730	1.02	0.850	1.30	0.934	3.60	1.000

Додаток 6 – Температура в середині необмеженої пластини

Fo/4	θ_c	Fo/4	θ_c	Fo/4	θ_c	Fo/4	θ_c
0.001-0.007	1.0000	0.044	0.8162	0.054	0.7437	0.091	0.5185
0.008	0.9998	0.045	0.8088	0.055	0.7367	0.092	0.5134
0.009	0.9996	0.046	0.8015	0.056	0.7297	0.093	0.5084
0.010	0.9992	0.047	0.7941	0.057	0.7227	0.094	0.5034
0.011	0.9985	0.048	0.7868	0.058	0.7158	0.095	0.4985
0.012	0.9975	0.049	0.7796	0.059	0.7090	0.096	0.4936
0.013	0.9961	0.050	0.7723	0.087	0.5393	0.097	0.4887
0.014	0.9944	0.051	0.7651	0.088	0.5340	0.098	0.4839
0.015	0.9922	0.052	0.7579	0.089	0.5288	0.099	0.4792
0.016	0.9896	0.053	0.7508	0.090	0.5236	0.100	0.4745

