

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Факультет конструювання та дизайну

Кафедра будівництва



ЛЕКЦІЯ №5 ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

викладач:

Олексій Володимирович Башинський

Доктор філософії (PhD tech.)

ПЛАН ЛЕКЦІЇ

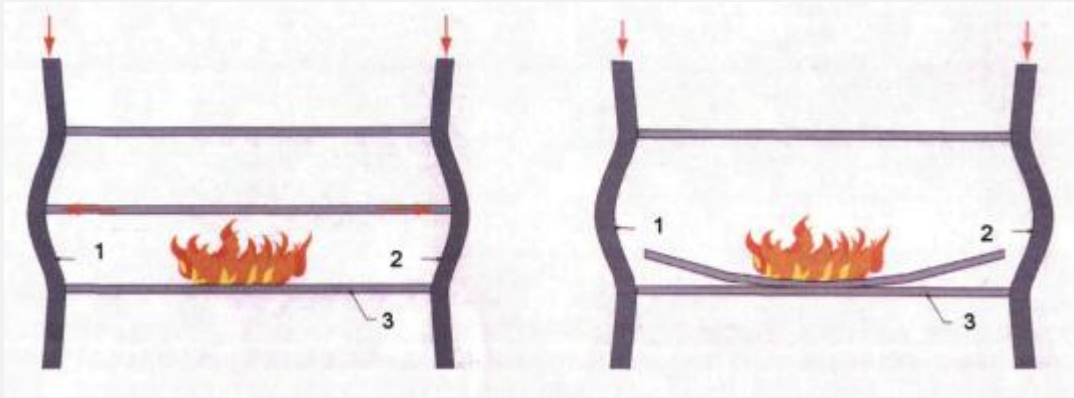
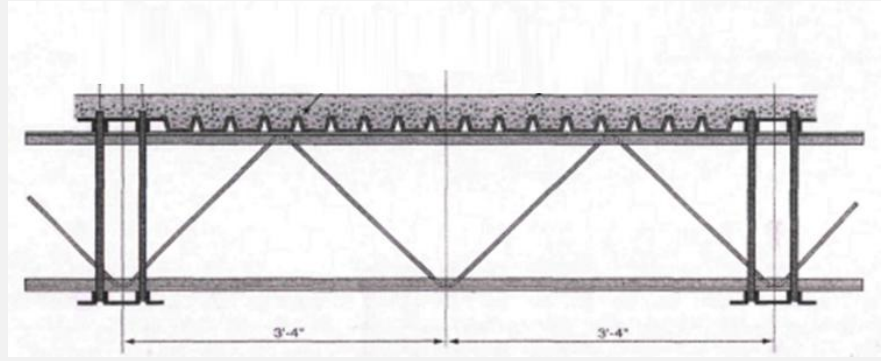
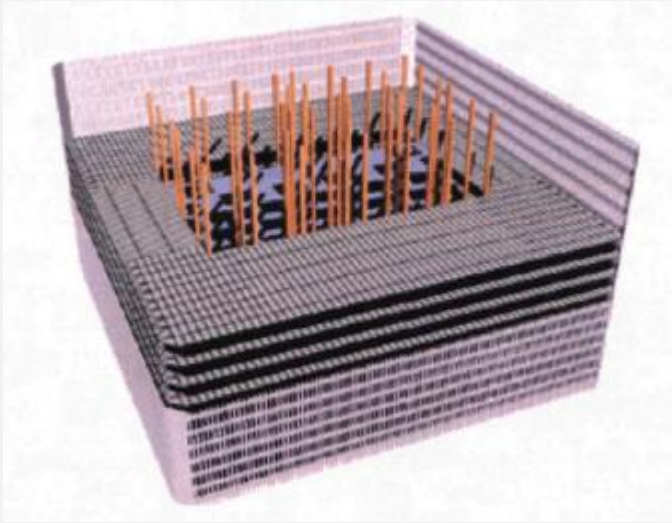
1. Актуальність проблеми. Чому вогнестійкість важлива.
2. Нормативні документи.
3. Чинні рекомендації до проектування вогнезахисту.
 - 3.1. Ступінь вогнестійкості. Межа вогнестійкості.
 - 3.2. Вогнезахист
4. Робота будівельних конструкцій під час високих температурних впливів.
 - 4.1. Сталеві конструкції
 - 4.2. Залізобетонні конструкції
5. Методи та методики визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій.
 - 5.1. Експериментальний метод
 - 5.2. Аналітичні методи
 - 5.3. Чисельні методи
6. Висновки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Будівельні конструкції, вогнестійкість, напружено-деформований стан (НДС), пожежа, температурні впливи, теплопровідність, вогнезахист, теплотехнічні властивості матеріалів, нелінійність, нестационарна теплопровідність.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ. ЧОМУ ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ВАЖЛИВА





№ з/п	Назва показників	2023 рік	2022 рік	Тенденція по країні, +/-, у %	% від загальної кількості
Загальні дані про пожежі					
1	Кількість пожеж (од.)	67934	80652	-15,8	–
2	Збитки прямі (тис. грн)	23089448	39231129	-41,1	–
3	Збитки побічні (тис. грн)	59428416	66135166	-10,1	–
4	Загибло людей унаслідок пожеж	1472	1651	-10,8	–
–	у т.ч. дітей і підлітків до 18 років	40	36	11,1	2,7
5	Загибло людей унаслідок пожеж у містах	774	850	-8,9	52,6
6	Загибло людей унаслідок пожеж у селах	698	801	-12,9	47,4
7	Травмовано людей на пожежах	1551	1607	-3,5	-
–	у т.ч. дітей та підлітків до 18 років	145	122	18,9	9,3
–	у т.ч. у містах	1024	1114	-8,1	66,0
–	у т.ч. у селах	527	493	6,9	34,0
8	Знищено, пошкоджено будівель і споруд (од.)	28520	36843	-22,6	–
9	Знищено, пошкоджено техніки (од.)	5631	6932	-18,8	–
10	Загибло людей унаслідок пожеж, на 100 тис. населення	3,6	4,0	-10,0	–
11	Кількість пожеж на 10 тис. населення	16,5	19,5	-15,4	–
12	Збитки прямі на 10 тис. населення (тис. грн)	5608,7	9481,2	-40,8	–
13	Кількість пожеж у містах	35562	42793	-16,9	52,3
14	Кількість пожеж у селах	32372	37831	-14,4	47,7
15	Кількість пожеж на об'єктах, на яких здійснюється державний нагляд (контроль)	2712	3787	-28,4	4,0
–	у т.ч. на підприємствах, в організаціях, закладах	2711	3777	-28,4	4,0
Об'єкти пожеж					
1	Будівлі виробничого призначення	718	1148	-37,5	1,1
2	Будівлі об'єктів торгівлі та харчування	611	901	-32,2	0,9
3	Соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди	576	825	-30,2	0,8
4	Споруди сільськогосподарського призначення	257	377	-31,8	0,4
5	Будинки та споруди житлового призначення	25564	33444	-23,6	37,6
–	у т.ч. житлові будинки	15270	21066	-27,5	22,5
6	Природні екосистеми	512	645	-20,6	0,8
7	Відкриті території	33653	37490	-10,2	49,5
8	Транспортні засоби	3613	3389	6,6	5,3
9	Інші об'єкти	2430	2433	-0,1	3,6

Статистика пожеж за 2023 рік від ДСНС



НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ.

1. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зі Зміною № 1
2. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги
4. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT).
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.
6. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).

ЧИННІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ВОГНЕЗАХИСТУ.

СТУПІНЬ ВОГНЕСТІЙКОСТІ. МЕЖА ВОГНЕСТІЙКОСТІ.

Вогнестійкість (вогнетривкість) – здатність конструкції зберігати несучі та (або) огорожувальні функції в умовах пожежі.

Ступінь вогнестійкості – це нормована характеристика вогнестійкості будинків і споруд, що визначається межею вогнестійкості основних будівельних конструкцій.

Ступінь вогнестійкості будівлі за ДБН В.2.2-9:2018

Ступінь вогнестійкості будівлі	Максимальна умовна висота (або поверховість)	Площа протипожежного відсіку, м ² , в будівлі				
		одноповерховому	двоповерховому	3-5-типоверховому	6-9-поверховому	умовною висотою, більше 26,5 м
I	73,5 м	6000	5000	5000	5000	2500
II	47 м	6000	4000	4000	4000	2200
III	5 поверхів	3000	2000	2000	-	-
IIIa, IIIб	1 поверх	2500	-	-	-	-
IV	2 поверхи	2000	1400	-	-	-
IVa	1 поверх	800	-	-	-	-
V	2 поверхи	1200	800	-	-	-

Ступінь вогнестійкості будинку та класи вогнестійкості будівельних конструкцій за ДБН В. 1.1-7:2016

Межа вогнестійкості конструкцій – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості.

До граничного стану належать:

- втрата несучої здатності (R);
- втрата цілісності (E);
- втрата теплоізолювальної здатності (I).

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні значення класів вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні значення груп поширення вогню по них								
	Стіни				Колони	Сходові площадки, косоури, сходи, балки, марші сходових кліток	Перекрыття міжповерхові (у т.ч. горючі та над підвалами)	Елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
I	REI 150 M0	REI 90 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15, M0 E 30, M1	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IIIa	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	EI 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0
IIIб	REI 60 M1	REI 30 M1	E 15, M0 E 30, M1	EI 15 M1	R 60 M1	R 45 M0	REI 45 M1	RE 15, M0 RE 30, M1	R 45 M1
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	EI 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	Не нормуються	
IVa	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M2	EI 15 M1	R 15 M0	R 15 M0	REI 15 M0	RE 15 M2	R 15 M0
V	Не нормуються								

Примітка 1. Класи вогнестійкості будівельних конструкцій визначають залежно від нормованих граничних станів та меж вогнестійкості відповідно до ДБН В.1.2-7, ДСТУ Б В.1.1-4, визначених у додатку Г.

Примітка 2. Клас вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються у розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають як для несучих стін.

Примітка 3. Групи поширення вогню будівельними конструкціями визначають за методом, наведеним у додатку Д цих Норм.

ВОГНЕЗАХИСТ



Коефіцієнт температуропровідності:

$$\alpha = \frac{\lambda_t}{c_t \rho_0}$$

де
 α - коефіцієнт температуропровідності м²·с⁻¹;
 λ_t - теплопровідність;
 c_t - питома теплоємність;
 ρ_0 - густина.

Область застосування того чи іншого варіанту вогнезахисту визначається з урахуванням:

- необхідного ступеню вогнезахисту конструкції;
- типу конструкції, що необхідно захистити (колони, балки, ригелі, в'язі);
- виду та величини навантаження, яке діє на конструкцію;
- температурно-вологих умов експлуатації та проведення робіт по влаштуванню вогнезахисту;
- ступеню агресивності оточуючого середовища до вогнезахисного матеріалу а також ступеню агресивності матеріалу вогнезахисту по відношенню до матеріалу конструкції;
- збільшене навантаження на конструкцію від вогнезахисту;
- умов монтажу вогнезахисту (під час зведення будівлі або її реконструкції);
- експлуатаційних умов будівлі (токсичності вогнезахисних матеріалів);
- естетичних вимог до конструкцій.

Вогнезахист

Вогнезахист металоконструкцій

- > Вогнезахисна фарба Ammokote MW-120 на водній основі
- > Вогнезахисна фарба Ammokote MW-90 на водній основі
- > Вогнезахисна фарба Ammokote MW-60 на водній основі
- > Вогнезахисна фарба Ammokote MS-90 на органічному розчиннику
- > Вогнезахисна штукатурка Ammokote GP-240
- > Вогнезахисна плита Ammokote FB-300
- > Вогнезахист інженерних комунікацій та повітропроводів
- > Вогнезахист дерев'яних конструкцій
- > Вогнезахист бетонних конструкцій
- > Вогнезахист кабелів та кабельних ліній
- > Супутні матеріали та вироби

Вогнезахист металоконструкцій



Вогнезахисна фарба Ammokote MW-120 на водній основі



Вогнезахисна фарба Ammokote MW-90 на водній основі



Вогнезахисна фарба Ammokote MW-60 на водній основі



Вогнезахисна фарба Ammokote MS-90 на органічному розчиннику

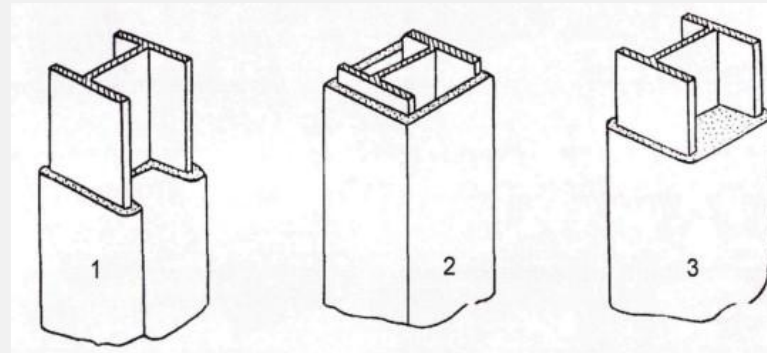


Вогнезахисна штукатурка Ammokote GP-240

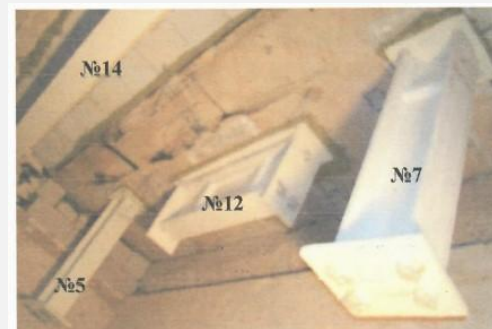


Вогнезахисна плита Ammokote FB-300

Оббетонування колон:

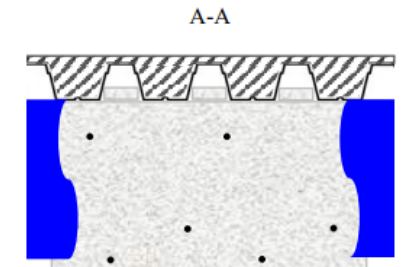
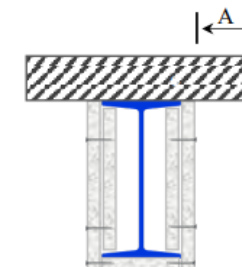
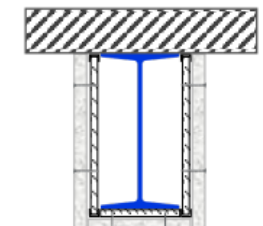
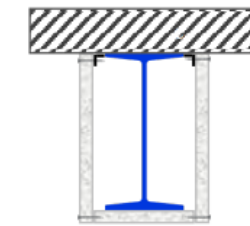
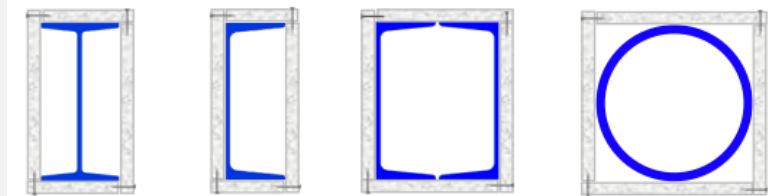
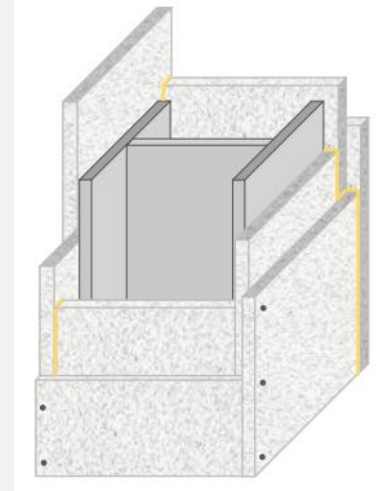


Реактивна вогнезахисна фарба:



При позитивному рішенні на користь одного виду вогнезахисту, розробляється проект вогнезахисту будівлі. Проект вогнезахисту включає в себе:

- пояснювальну записку, яка має включати в себе загальні положення вогнезахисту, ступеню вогнестійкості будинку, прийняті класи вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування застосування обраного вогнезахисного матеріалу із включенням технічної документації виробника, основні фізико-хімічні характеристики вогнезахисного матеріалу, умови та терміни його експлуатації та розрахункову частину, в якій наводиться розрахунок площі поверхні конструкцій, що підлягає нанесенню вогнезахисного облицювання та розрахунок витрат вогнезахисного матеріалу;
- креслення конструкцій та об'єктів вогнезахисту;
- та додатки: технічне завдання на вогнезахисні роботи, креслення об'єкту будівництва сертифікати фахівця та обраного вогнезахисного матеріалу.

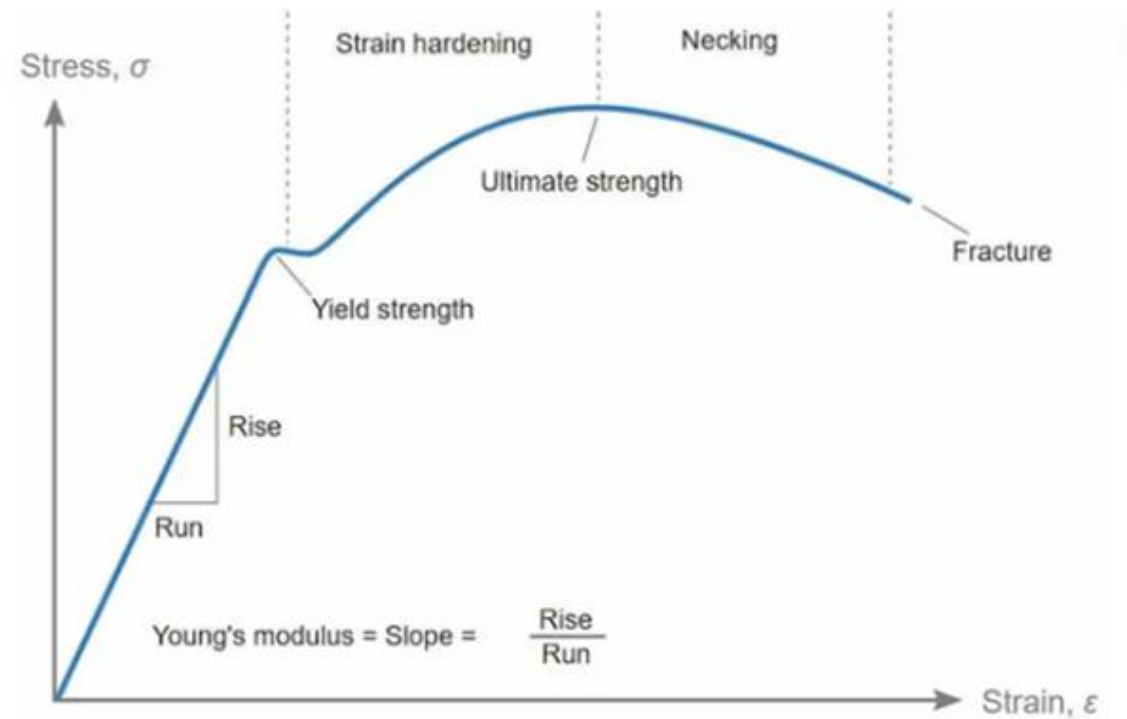


РОБОТА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ.

СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ.



Магазин «Ашан» (ТРЦ SkyMall) після пожежі, м. Київ



– при дії згинального моменту M в одній з головних площин

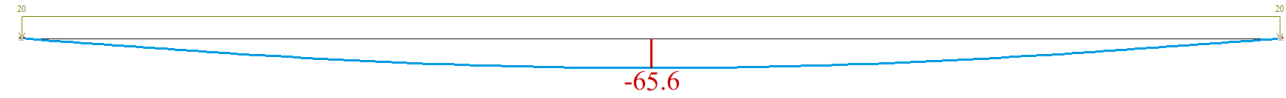
$$\frac{M_{зг} * \gamma_n}{W_{n.min} * R_y * \gamma_c} \leq 1$$

– при дії поперечної сили Q , що спрямована паралельно серединній площині стінки

$$\frac{Q * S_x * \gamma_n}{I_x * t * R_s * \gamma_c} \leq 1$$

$$f = \frac{5 * q_{e,1}^6 * l^4 * 10^8}{384 * E_s * I_x}$$

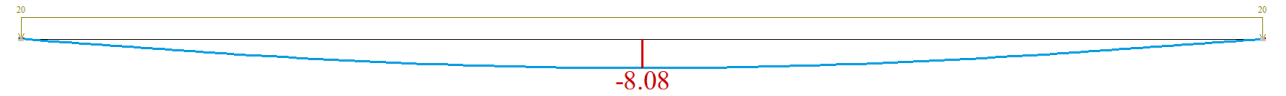
1.Завантаження 1
Епора переміщень Z1
Одиниці виміру - мм



Прогин незахищеної балки

Мінім. 0.000
Мінімальне значення -65.6138;

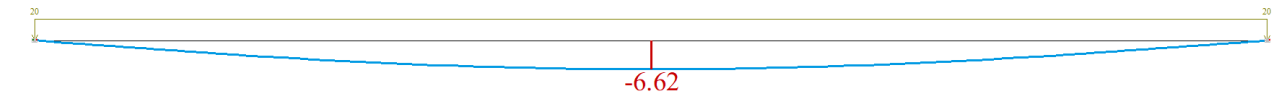
1.Завантаження 1
Епора переміщень Z1
Одиниці виміру - мм



Прогин балки, покритою фарбою

Мінім. 0.000
Мінімальне значення -8.08184;

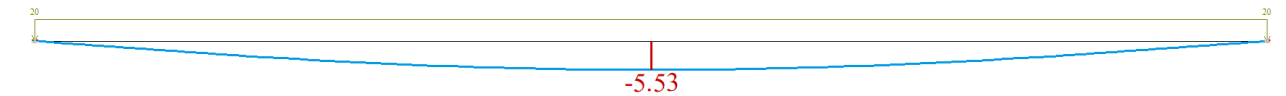
1.Завантаження 1
Епора переміщень Z1
Одиниці виміру - мм



Прогин балки, покритою штукатуркою

Мінім. 0.000
Мінімальне значення -6.61989;

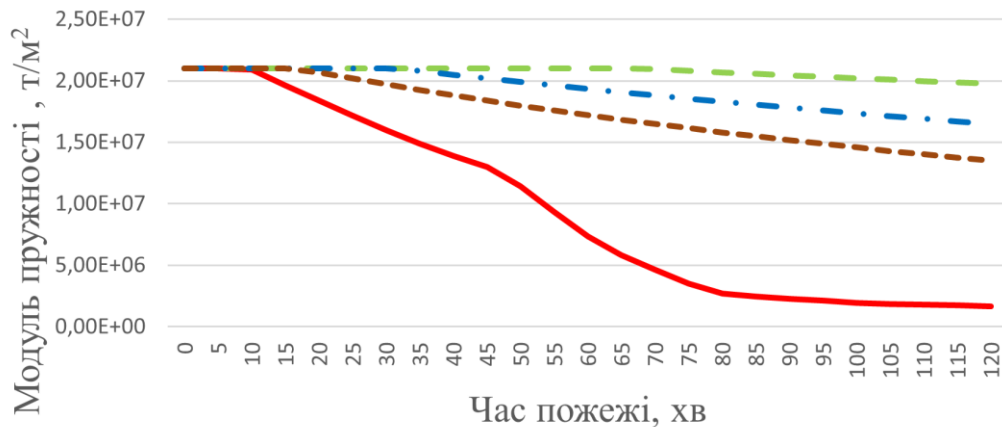
1.Завантаження 1
Епора переміщень Z1
Одиниці виміру - мм



Прогин балки, захищеною плитами

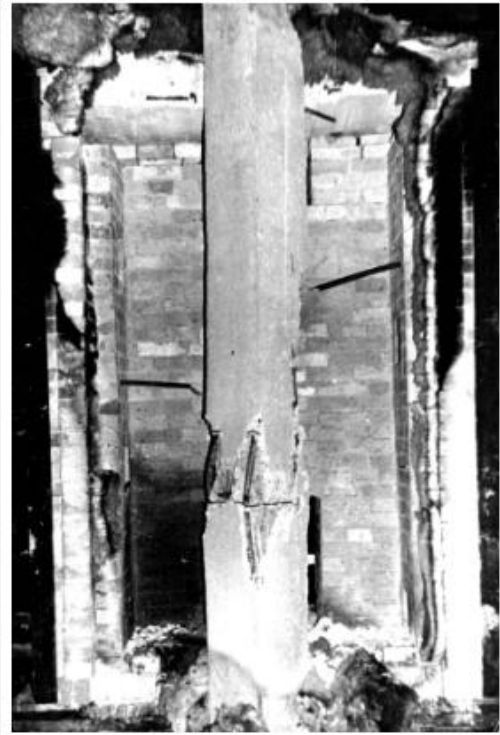
Мінім. 0.000
Мінімальне значення -5.52596;

Діаграма Час-Модуль пружності



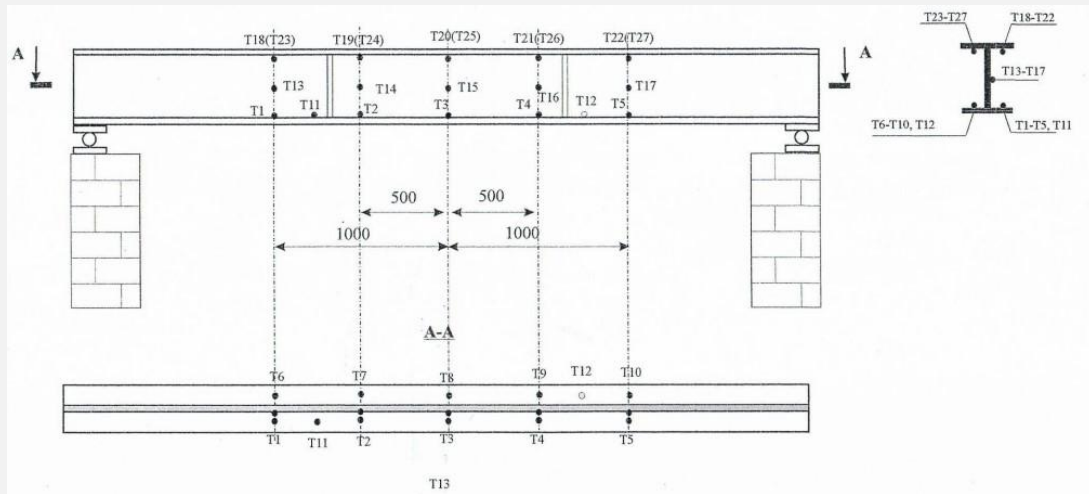
Без захисту Плити FB-300 Штукатурка Gr-240 Фарба MS-90

ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ.



МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД.



Приклад схеми розташування термопар на навантаженій балці

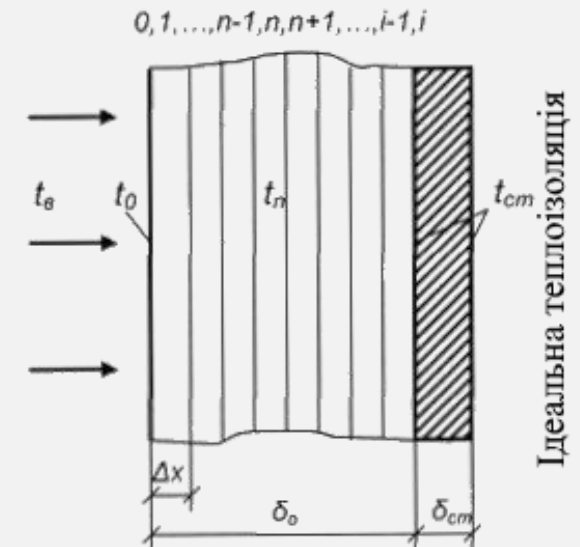


Схема розрахунку прогріву сталеві пластини з вогнезахисним облицюванням

Експериментальний метод оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій є дуже точним, тому що дозволяє змоделювати умови прогрівання будівельних конструкцій максимально наближені до реальної пожежі. Також даний метод дозволяє визначити теплоізоляційні властивості вогнезахисних матеріалів. Проте експериментальні дослідження мають низку недоліків:

- розмір зразків, на яких проводиться випробування, обмежений габаритом випробувальних установок;
- нестабільність температурного режиму;
- вплив на вогнестійкість сторонніх факторів, які присутні при випробуваннях (вологість, тиск, рух повітря тощо);
- при випробуваннях отримуються дані лише про поведінку конкретного зразка. Дуже складно, а іноді неможливо використовувати результати випробувань в інших випадках;
- велика трудомісткість і вартість досліджень.



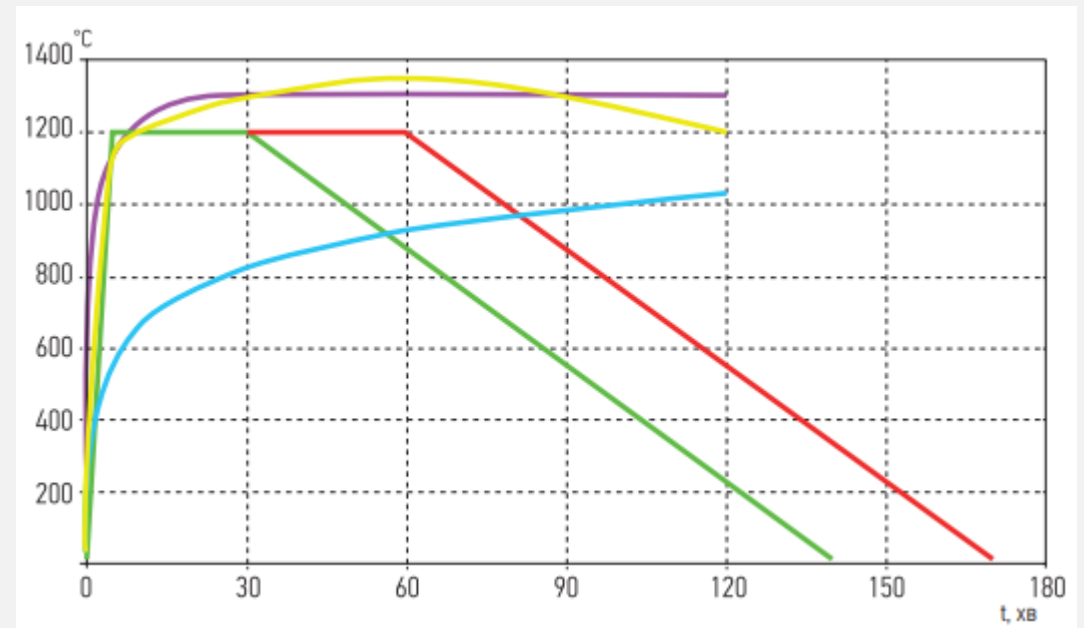
АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ

Розрахунок вогнестійкості за EN 1991-1-2:2002 має враховувати наступні етапи:

- вибір відповідних проектних сценаріїв пожежі;
- визначення відповідних температурних режимів;
- розрахунок підвищення температури в будівельних конструкціях;
- розрахунок механічної роботи конструктивної системи в умовах пожежі.

Уточнені методи розрахунку повинні включати окремі розрахункові моделі для визначення:

- збільшення та розподілу температури всередині конструктивних елементів (теплотехнічний розрахунок);
- механічної поведінки конструктивної системи або будь-якої її частини (статичний розрахунок).



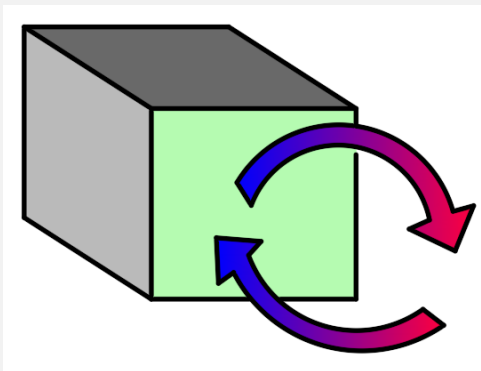
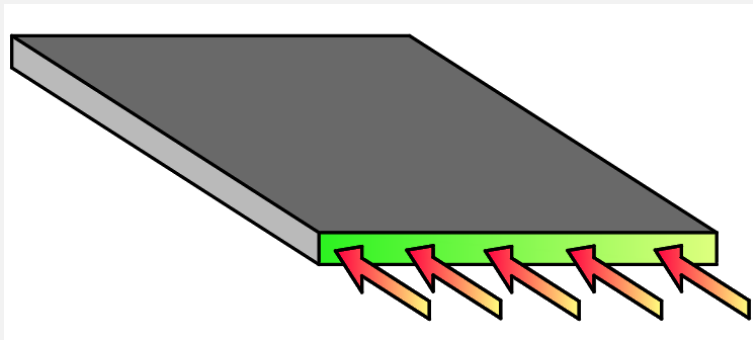
Номінальні температурно-часові залежності розвитку пожежі

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ

Задача теплопровідності:

$$KT = P$$

$$\begin{bmatrix} \text{матриця} \\ \text{теплопровідності} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{температура} \\ \text{у вузлі} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{зовнішня} \\ \text{гранична} \\ \text{умова} \end{bmatrix}$$



Граничні умови при розрахунку нестационарної теплопровідності:

- Гранична умова 1-го роду (стала температура в тілі).
- Гранична умова 2-го роду (тепловий потік).
- Гранична умова 3-го роду (конвективний теплообмін, тепловіддача).

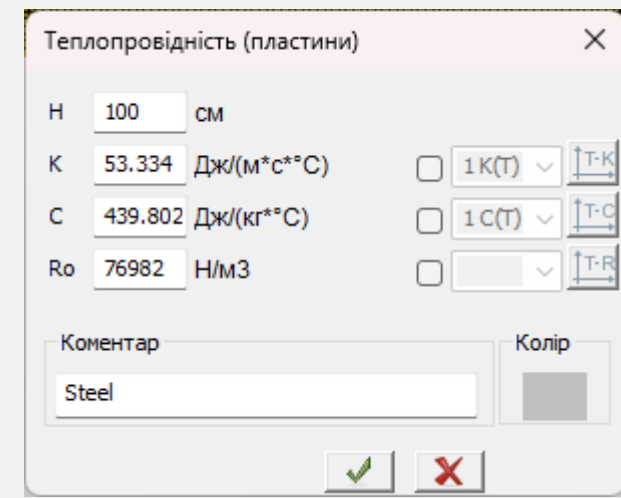
Крок 1: Моделювання схеми поперечного перерізу конструкції.

Крок 2: Зовнішнє навантаження. ПЕРЕДІСТОРІЯ.

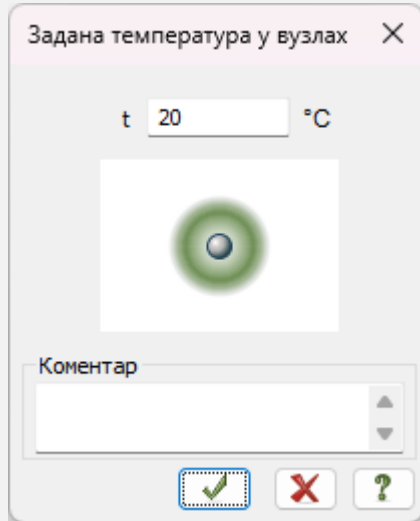
Крок 3: Зовнішнє навантаження. КОНВЕКЦІЯ

Крок 4: Зовнішнє навантаження. ПРОМЕНИСТИЙ ТЕПЛООБМІН

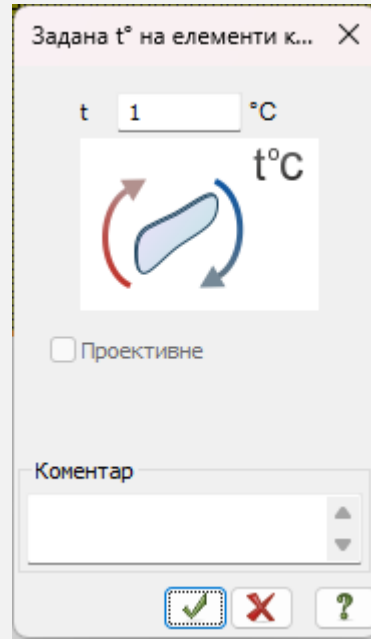
Крок 5: ЗАДАННЯ ПОЖЕЖІ. Формування динамічного завантаження



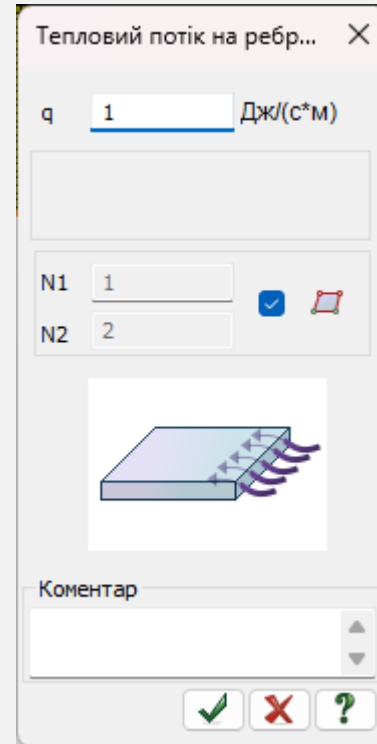
Крок 1



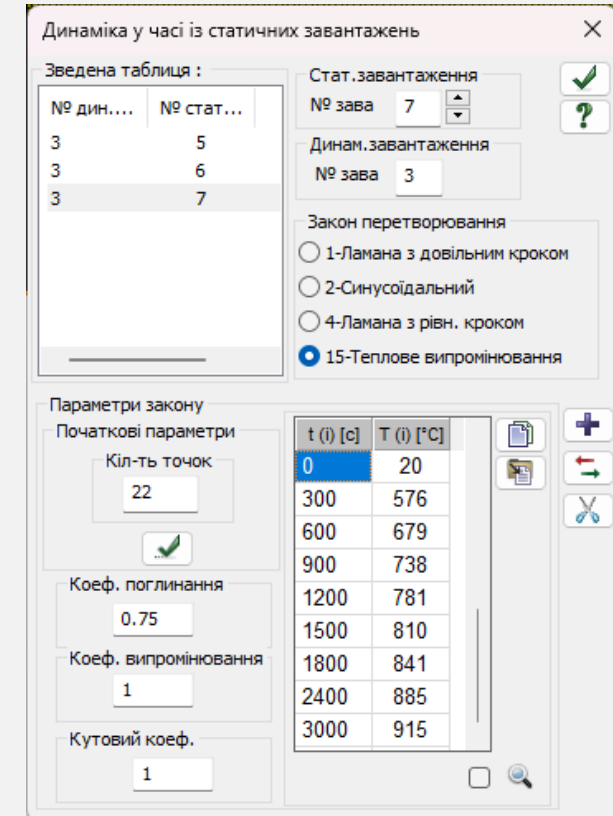
Крок 2



Крок 3



Крок 4



Крок 5

Лінійні та нелінійні теплофізичні властивості матеріалів.

Лінійні теплофізичні характеристики матеріалів

Теплофізичні х-ки	Сталь	Бетон
κ , Вт/м · К	53.334	1.64222
C , Дж/кг · К	439.802	900
ρ , Н/м ³	76491.9	22555.3

Нелінійна теплопровідність сталі:

Для температури від 20°C до 800°C:

$$\lambda_a = 54 - 3.33 \times 10^{-2} \theta_a$$

Для температури від 800°C до 1200°C:

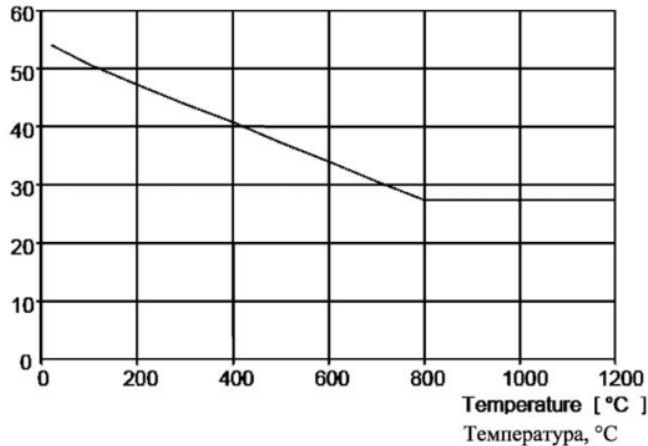
$$\lambda_a = 27.3 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

де

λ_a – теплопровідність, Вт/м·К;

θ_a – температура сталі, °С.

Теплопровідність, Вт/м·К
Thermal conductivity [W / mK]



Нелінійна питома теплоємність сталі:

Для температури від 20°C до 600°C:

$$c_a = 425 + 7.73 \times 10^{-1} \theta_a - 1.69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2.22 \times 10^{-6} \theta_a^3$$

Для температури від 600°C до 735°C:

$$c_a = 666 + \frac{13002}{138 - \theta_a}$$

Для температури від 735°C до 900°C:

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731}$$

Для температури від 900°C до 1200°C:

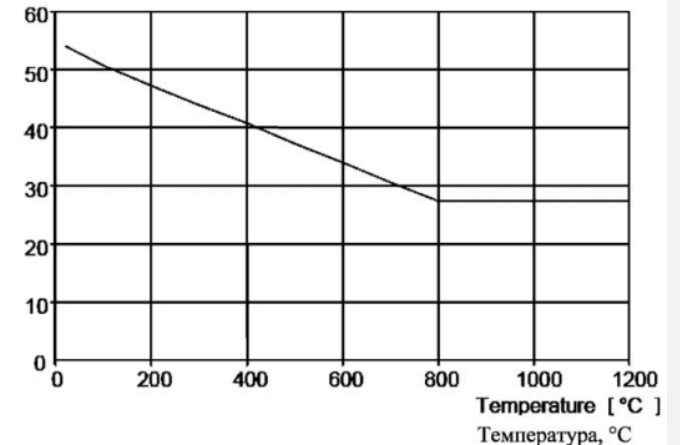
$$c_a = 650 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

де

c_a – питома теплоємність, Дж/кг·К;

θ_a – температура сталі, °С.

Теплопровідність, Вт/м·К
Thermal conductivity [W / mK]



Лінійні та нелінійні теплофізичні властивості матеріалів.

Нелінійна теплопровідність бетону:

Для температури від 20°C до 1200°C (верхня межа теплопровідності):

$$\lambda_c = 2 - 0,2451 \left(\frac{\theta}{100} \right) + 0,0107 \left(\frac{\theta}{100} \right)^2$$

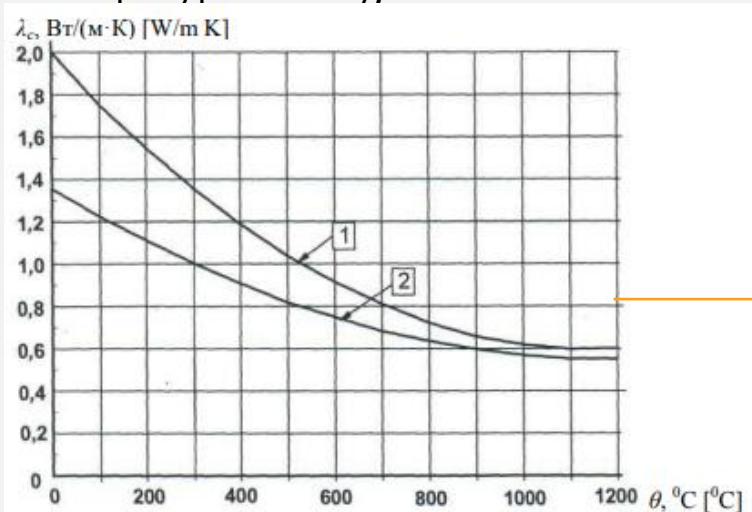
Для температури від 20°C до 1200°C (нижня межа теплопровідності):

$$\lambda_c = 1.36 - 0.136 \left(\frac{\theta}{100} \right) + 0.0057 \left(\frac{\theta}{100} \right)^2$$

де

λ_c – теплопровідність, Вт/м·К;

θ – температура бетону, °С.



Теплопровідність бетону:

1 - верхня межа; 2 - нижня межа.

Нелінійна питома теплоємність бетону:

Для температури від 20°C до 100°C:

$$c_p(\theta) = 900 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

Для температури від 100°C до 200°C:

$$c_p(\theta) = 900 + (\theta - 100)$$

Для температури від 200°C до 400°C:

$$c_p(\theta) = 1000 + (\theta - 200)/2$$

Для температури від 400°C до 1200°C:

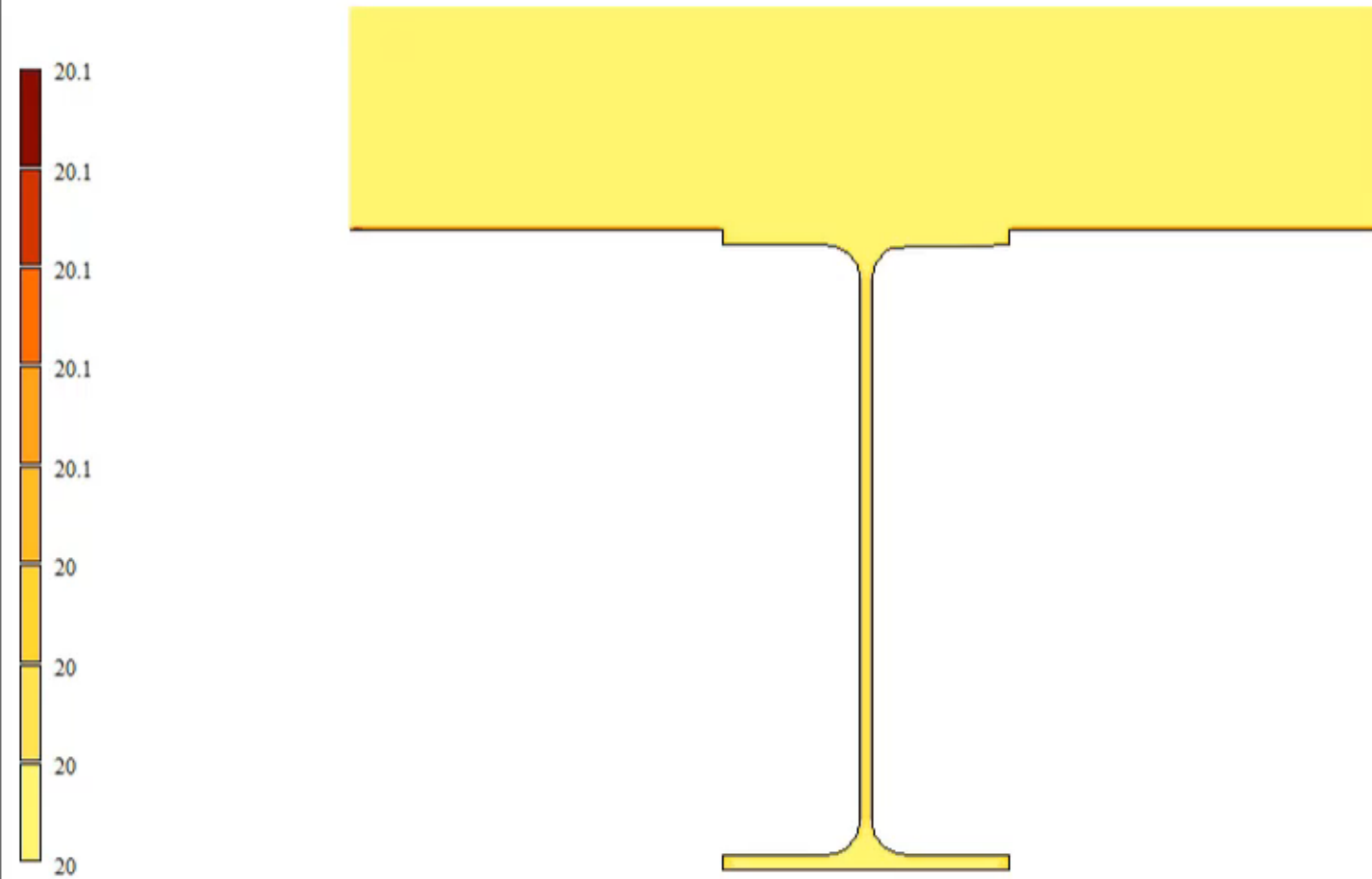
$$c_p(\theta) = 1100 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

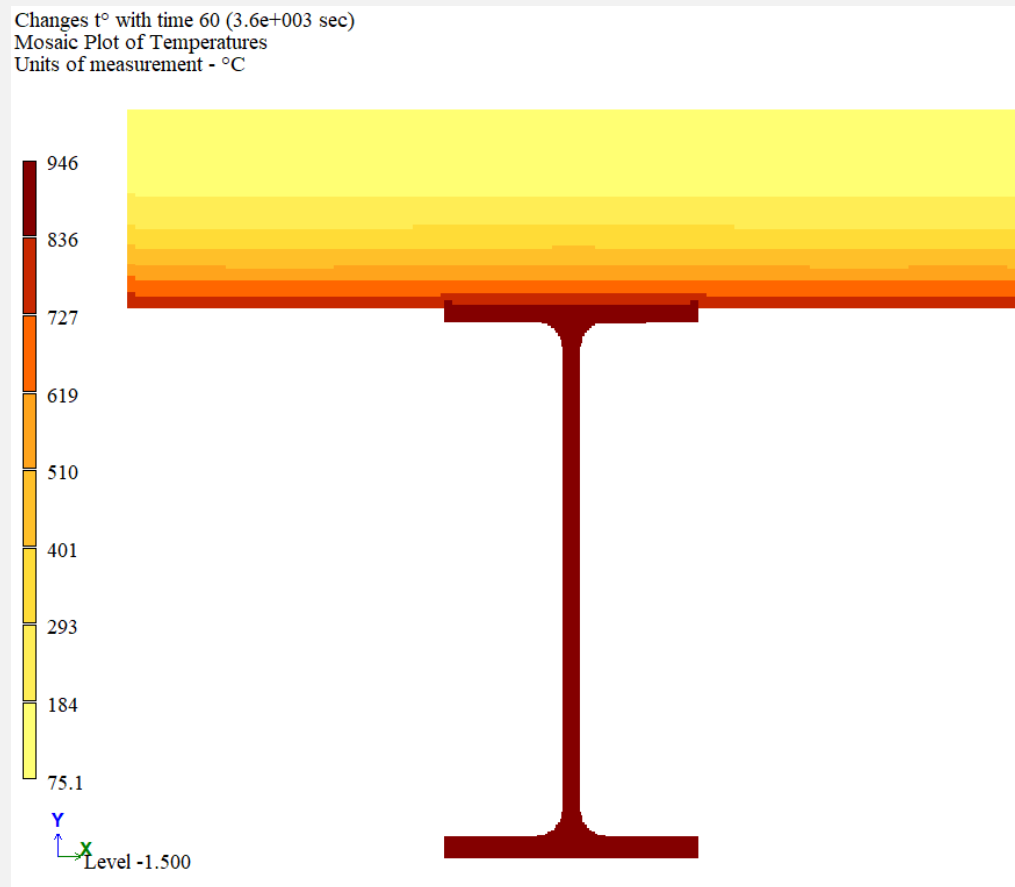
де

$c_p(\theta)$ – питома теплоємність, Дж/кг·К;

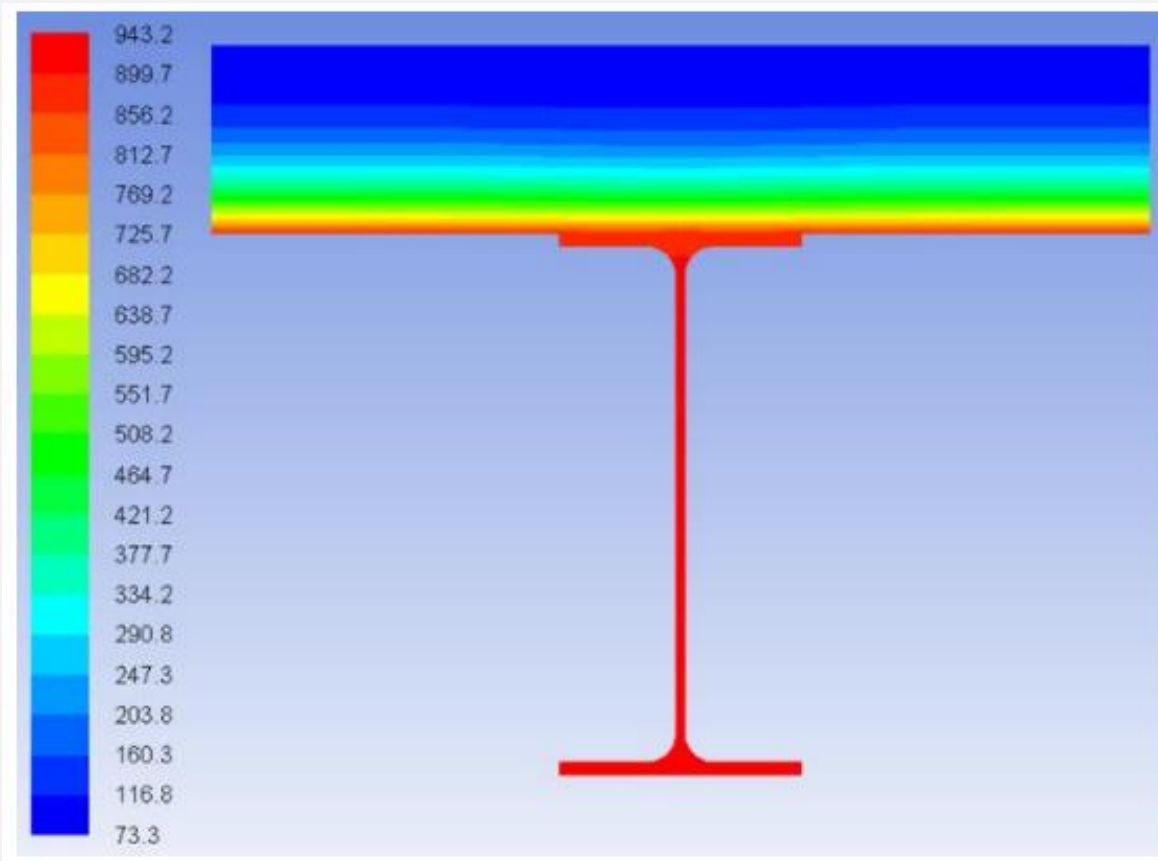
θ – температура бетону, °С.

Зміни t° в часі 0 (0 сек)
Ізополя температур
Одиниці виміру - $^{\circ}\text{C}$





а



б

Розподіл температурного поля в перерізі балки перекриття в момент часу – 60 хвилин: а) в LIRA-FEM; б) в ANSYS FLUENT

Результати теплотехнічного розрахунку

Середня температура в перерізі

Час впливу	Температура	Коефіцієнт зниження модуля пружності	Модуль пружності, МПа
0	20	1	21000000
5	210	0,89	18690000
10	530	0,513	10773000
15	695	0,139	2919000
20	766	0,1036	2175600
25	804	0,0891	1871100
30	836	0,0819	1719900
35	861	0,076275	1601775
40	884	0,0711	1493100
45	901	0,067275	1412775
50	916	0,0639	1341900
55	931	0,060525	1271025
60	946	0,05715	1200150

Коефіцієнти зниження для вуглецевої сталі за підвищеної температури

Температура сталі θ_a	Коефіцієнти зниження за температури θ_a відносно значення f_y або E_a для 20 °С		
	Коефіцієнт зниження (відносно f_y) для розрахункової границі текучості $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно f_y) для границі пропорційності $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно E_a) для нахилу лінійної пружної ділянки $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20 °С	1,000	1,000	1,000
100 °С	1,000	1,000	1,000
200 °С	1,000	0,807	0,900
300 °С	1,000	0,613	0,800
400 °С	1,000	0,420	0,700
500 °С	0,780	0,360	0,600
600 °С	0,470	0,180	0,310
700 °С	0,230	0,075	0,130
800 °С	0,110	0,050	0,090
900 °С	0,060	0,0375	0,0675
1000 °С	0,040	0,0250	0,0450
1100 °С	0,020	0,0125	0,0225
1200 °С	0,000	0,0000	0,0000

Примітка. Для проміжних значень температури сталі може бути застосована лінійна інтерполяція.

Розрахунок на фіксованій відмітці часу

Металевий переріз

Склад Жорсткість

Зміна значень жорсткісних характеристик Врахування нелінійності

Значення Коефіцієнт

EF	37898	T	0.57825	Y1	0.85994	CM	1
EIy	246.132	T*M ²	0.57825	Y2	0.85994	CM	1
EIz	16.295	T*M ²	0.57825	Z1	6.30543	CM	1
GIk	0.29541	T*M ²	0.57825	Z2	6.30543	CM	1
GFy	7358.84	T	0.57825	Ru_Y	0	CM	
GFz	7358.84	T	0.57825	Ru_Z	0	CM	
EIw	0	T*M ⁴		q	0.02448	T/M	1

Враховувати зсув жорсткості

Редагування поперечного перерізу на закладці «Склад» спричиняє автоматичний перерахунок значень жорсткісних характеристик за розмірами перерізу

використовувати Конструктор перерізів для суцільних поперечних перерізів при переобчисленні

Переобчислити за розмірами перерізу

OK Скасувати

Зниження жорсткісних характеристик перерізу

PC - dbnlist.steels.srt

Файл Редагування Вигляд Вікно ?

dbnlist.steels.srt x

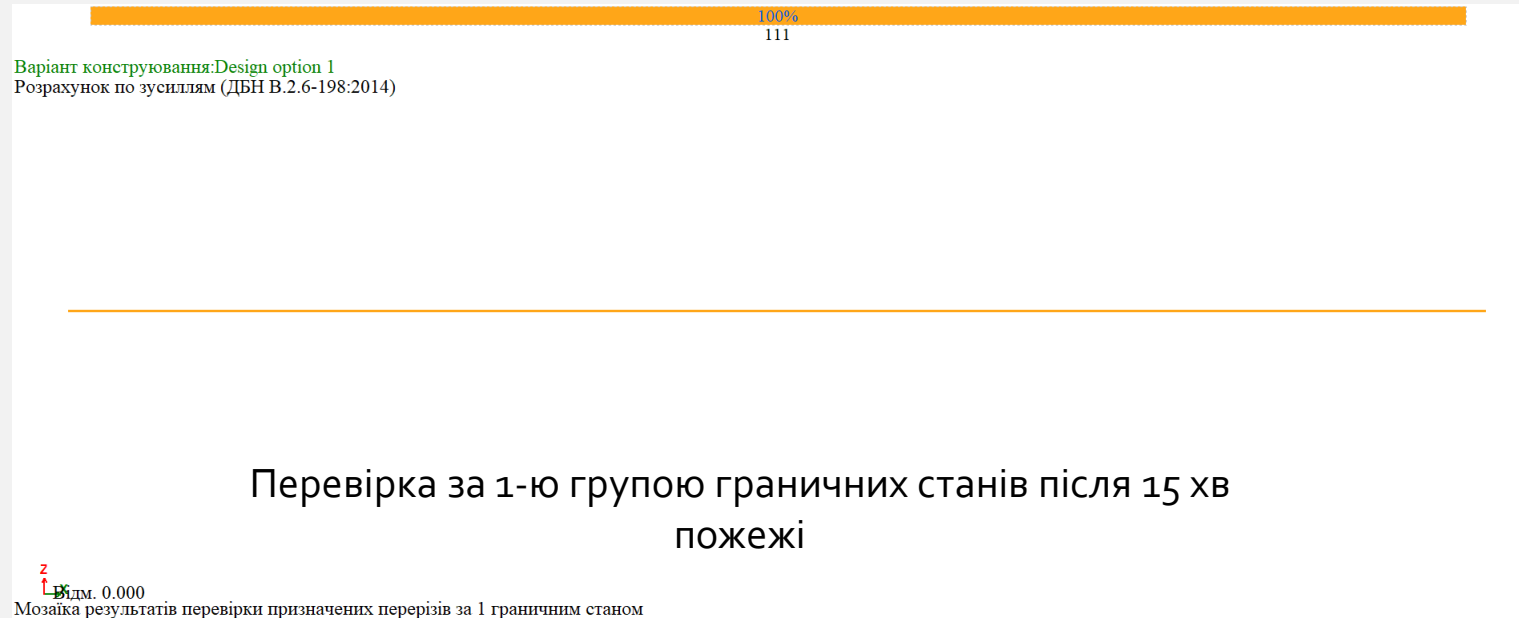
Найменування	Стандарт	E, МПа	G, МПа	Ro, кг/м ³	Tmin1, мм	Tmax1, мм	Ry1, МПа	Ru1, МПа	Ryn1, МПа	Run1, МПа
C235	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	20	230	350	235	360
C245	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	20	240	360	245	370
C255	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	3,9	250	370	255	380
C275	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	10	270	370	275	380
C285	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	3,9	280	380	285	390
C295	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	0	100	285	420	295	430
C325	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	10	20	315	460	325	470
C325 > 80 мм	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	80	100	260	420	265	430
C345	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	10	335	480	345	490
C345K	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	4	10	335	460	345	470
C355	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	8	50	350	440	355	450
C375	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	10	365	500	375	510
C390	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	4	50	380	530	390	540
C390K	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	4	30	380	530	390	540
C420	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	4	16	410	530	420	540
C440	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	4	30	430	575	440	590
C460	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	4	16	445	555	460	570
C490	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	8	50	475	575	490	590
C500	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	3	50	485	575	500	590
C590	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	10	36	540	617	590	685
C590K	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	10	40	540	617	590	685
C620	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	3	50	600	680	620	700
15min_V1_C245	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	20	181,6	272,4	185,4	280
15min_V2_C245	ДБН В.2.6-198...	0	0	0	2	20	111,4	167	113,7	171,7

Відсортуйте профілі перед збереженням. Підбір профілів в програмі СТК йде від першого рядка таблиці вниз

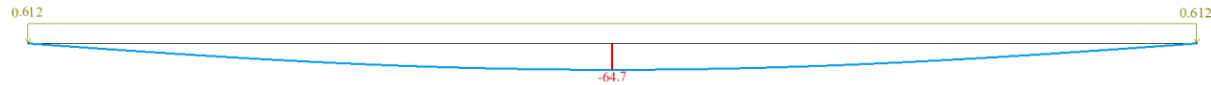
CAP NUM SCRL

Зниження розрахункового опору сталі

Розрахунок на фіксованій відмітці часу



1. Load case 1
Епоха переміщень Z1
Одиниці виміру - мм



Прогини в балці після 15 хв пожежі

Перевірка за 2-ю групою граничних станів після 15 хв пожежі

Методика ітераційного зниження жорсткості

Редактор завантажень

Норми: ДБН В. 1.2 - 2:2006

Редагування вибраного завантаження

Ім'я: 1 0 хв

Підзадача: 1. Основна задача; C1. Основна задача; D1. О...

Вид: Постійне(П)

Вузлові навантаження: 0; Місцеві навантаження: 40;

#	Ім'я завантаження	Підзадача	Вид
1	0 хв	1. Основна задач...	Постійне(П)
2	10 хв	2. 10хв: C1. Осно...	Постійне(П)
3	20 хв	3. 20хв: C1. Осно...	Постійне(П)
4	30 хв	4. 30хв: C1. Осно...	Постійне(П)
5	40 хв	5. 40хв: C1. Осно...	Постійне(П)
6	50 хв	6. 50хв: C1. Осно...	Постійне(П)
7	60 хв	7. 60хв: C1. Осно...	Постійне(П)

Призначити поточним

Підзадачі

Список створених підзадач:

№	Ім'я підзадачі	C1/C2 – н...	D – набір ...
1	Основна задача	C1. Осно...	D1. Осно...
2	10хв	C1. Осно...	D2. 10 хв
3	20хв	C1. Осно...	D3. 20 хв
4	30хв	C1. Осно...	D4. 30хв
5	40хв	C1. Осно...	D5. 40хв
6	50хв	C1. Осно...	D6. 50хв
7	60хв	C1. Осно...	D7. 60хв

Властивості виділеної у списку підзадачі:

№	C1/C2 – набори коефіцієнти...
C1	Основна задача
D2	10 хв
D3	20 хв
D4	30хв
D5	40хв
D6	50хв
D7	60хв

Набори коефіцієнтів до модуля пружності

Підзадача є параметром завантаження.
Переключення між даними підзадач виконується під час перемикання активного завантаження.
Кожна підзадача вимагає окремого скінченно-елементного розрахунку.
Скінченно-елементний розрахунок кожної підзадачі автоматично виконується під час розрахунку основної схеми.
Кількість виконаних скінченно-елементних розрахунків може відрізнятись від кількості створених підзадач, якщо набори в підзадачах однакові або в розрахунковій схемі задані навантаження - зміщення вузлів.

Сторення та редагування Розширене редагування Розрахунок Аналіз Розширений аналіз Залізобетон Метал Цегла

НДС схеми Мозаїка/ізополя Епюри/мозаїка Мозаїка/ізополя Напруження у пластинах та об'ємних КЕ Зусилля у спец. елементах Стик Зусилля в одновузлових КЕ Неліній жорсткості Інструменти Таблиці

Знайти центр

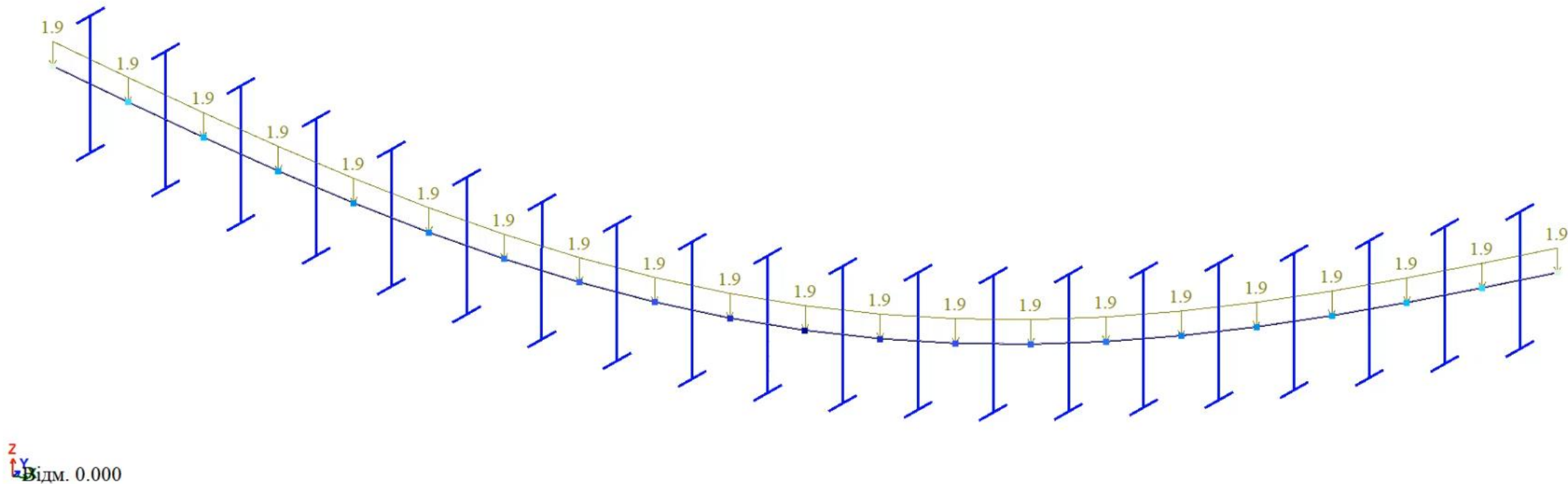
Ітераційне пониження.lir



1.0 хв [1. Основна задача; C1. Основна задача; D1. Основна задача]

Мозаїка переміщень по Z(G)

Одиниці виміру - мм



Помилки та зауваження

Повилка або попередження

⚠ Можливо, елементи Книги звітів були втрачені. Перед останнім збереженням в Книзі звітів було 0 таблиць, 10 копій екрана, 0 малюнків, 0 текс...

Елементи | Вузли

E

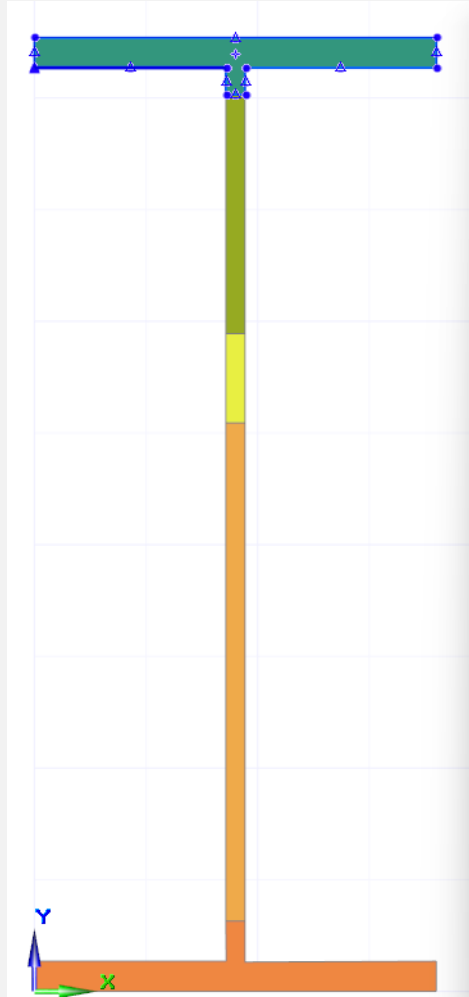
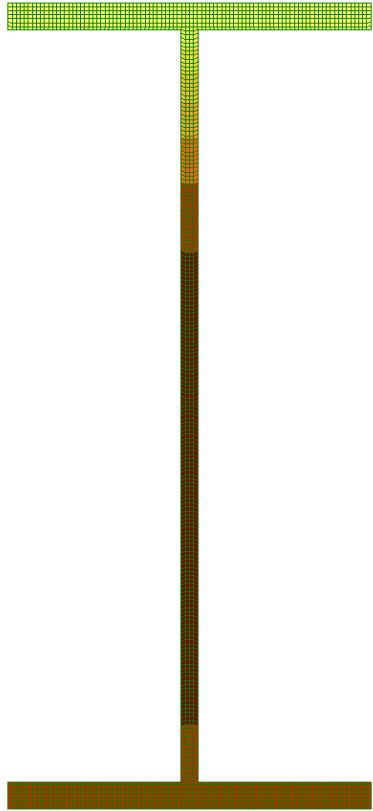
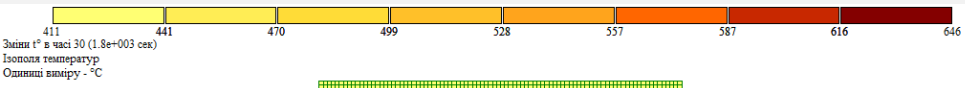
Номери елементів або вузлів

Задача

G:\Файл диос\Наука\Статті\Наука і будівництво\ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТАЛЕ...

1.0 хв Серед 1. Варіант 1 Вуз.: 0 / 21 Ел.: 0 / 20 Зав.: 7 / 7

Методика поділеного перерізу



Матеріали

Загальні Проект 1

- не визначений
- Прості
 - 615 Стальні конструкції
 - 680 Стальні конструкції
 - 830 Стальні конструкції
 - 860 Стальні конструкції
 - 820 Стальні конструкції
- Багатшарові
- Нелінійні

Назва матеріалу 615 Стальні конструкції
GUID матеріалу f3ce79eb-ea2e-4a3e-953e-9df670b13d...
Ідентифікатор 17
Шифр
Кольори поверхонь

- Лицьової Метал темний
- Тильної Метал темний
- Бік, торець Метал темний
- Штриховка перерізу Метал, залізобетон та інші композит...
- Штриховка поверхні немає кольору
- Службовий ccccbfff

Пріоритет 7
Модуль Юнга, т/м² 5.8674e6
Коеф. Пуассона 0.3
Об'ємна вага, кг/м³ 7850.0
Температурний коефіцієнт 0.000015
Інтерпретація Несний конструктив
Категорія матеріалу металеві конструкції
Ціна 199.0
Розрахункові характеристики
Матеріал перерізу як задано в перерізі

Назва матеріалу
Найменування екземпляру

OK Скасування

Методика поділеного перерізу

EA	26080	ТС
Elu	689.19	ТС*M2
Elv	49.786	ТС*M2
Eluv	0.26615	ТС*M2
Ely	689.19	ТС*M2
Elz	49.786	ТС*M2
ESy	1833.8	ТС*M
ESz	422.62	ТС*M
GJt	0.64226	ТС*M2
Elw	1.485931	ТС*M4
GFy	3849.3	ТС
GFz	4195.7	ТС

Позначення	Значення	Одиниці	Найменування
☞	Контур перерізу		Компонент поперечного перерізу
	820 Стальні конструкції		Матеріал
E	1.7199e6	т/м ²	Модуль пружності матеріалу
G	6.615e5	т/м ²	Модуль зсуву матеріалу
v	0.3		Коефіцієнт Пуассона матеріалу
Ro	7.850	т/м ³	Усереднена щільність перерізу
A	25.67	см ²	Площа
Xo	89.794	мм	Координата x центру тяжіння в поточній системі координат
Yo	7.649	мм	Координата у центру тяжіння в поточній системі координат
Iu	22771.565	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі U
Iv	653.757	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі V
Iuv	12.805	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно центральних осей U і V
Iy	22771.572	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Y1
Iz	653.750	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Z1
Iyz	3.598	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно головних осей Y1 і Z1
Sy	382.194	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Y1
Sz	54.568	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Z1

Ділянка 1

Позначення	Значення	Одиниці	Найменування
☞	Контур перерізу		Компонент поперечного перерізу
	680 Стальні конструкції		Матеріал
E	3.4104e6	т/м ²	Модуль пружності матеріалу
G	1.3117e6	т/м ²	Модуль зсуву матеріалу
v	0.3		Коефіцієнт Пуассона матеріалу
Ro	7.850	т/м ³	Усереднена щільність перерізу
A	9.20	см ²	Площа
Xo	90	мм	Координата x центру тяжіння в поточній системі координат
Yo	348	мм	Координата у центру тяжіння в поточній системі координат
Iu	254.358	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі U
Iv	0.567	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі V
Iuv	0.137	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно центральних осей U і V
Iy	254.358	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Y1
Iz	0.567	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Z1
Iyz	0.031	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно головних осей Y1 і Z1
Sy	20.091	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Y1
Sz	0.989	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Z1

Ділянка 2

Позначення	Значення	Одиниці	Найменування
☞	Контур перерізу		Компонент поперечного перерізу
	615 Стальні конструкції		Матеріал
E	5.8674e6	т/м ²	Модуль пружності матеріалу
G	2.2567e6	т/м ²	Модуль зсуву матеріалу
v	0.3		Коефіцієнт Пуассона матеріалу
Ro	7.850	т/м ³	Усереднена щільність перерізу
A	25.33	см ²	Площа
Xo	90	мм	Координата x центру тяжіння в поточній системі координат
Yo	419.731	мм	Координата у центру тяжіння в поточній системі координат
Iu	3313.505	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі U
Iv	656.164	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі V
Iuv	1.011	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно центральних осей U і V
Iy	3313.506	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Y1
Iz	656.164	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Z1
Iyz	-0.095	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно головних осей Y1 і Z1
Sy	144.741	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Y1
Sz	54.786	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Z1

Ділянка 3

Позначення	Значення	Одиниці	Найменування
☞	Контур перерізу		Компонент поперечного перерізу
	860 Стальні конструкції		Матеріал
E	1.6018e6	т/м ²	Модуль пружності матеріалу
G	6.1607e5	т/м ²	Модуль зсуву матеріалу
v	0.3		Коефіцієнт Пуассона матеріалу
Ro	7.850	т/м ³	Усереднена щільність перерізу
A	19.18	см ²	Площа
Xo	90	мм	Координата x центру тяжіння в поточній системі координат
Yo	143	мм	Координата у центру тяжіння в поточній системі координат
Iu	5856.139	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі U
Iv	1.182	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі V
Iuv	-1.088	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно центральних осей U і V
Iy	5856.138	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Y1
Iz	1.184	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Z1
Iyz	-3.525	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно головних осей Y1 і Z1
Sy	155.778	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Y1
Sz	2.063	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Z1

Ділянка 4

Позначення	Значення	Одиниці	Найменування
Sz	2.063	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Z1
☞	Контур перерізу		Компонент поперечного перерізу
	830 Стальні конструкції		Матеріал
E	1.7199e6	т/м ²	Модуль пружності матеріалу
G	6.615e5	т/м ²	Модуль зсуву матеріалу
v	0.3		Коефіцієнт Пуассона матеріалу
Ro	7.850	т/м ³	Усереднена щільність перерізу
A	3.44	см ²	Площа
Xo	90	мм	Координата x центру тяжіння в поточній системі координат
Yo	274.500	мм	Координата у центру тяжіння в поточній системі координат
Iu	37.549	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі U
Iv	0.212	см ⁴	Момент інерції відносно центральної осі V
Iuv	-0.037	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно центральних осей U і V
Iy	37.549	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Y1
Iz	0.212	см ⁴	Момент інерції відносно головної осі Z1
Iyz	-0.053	см ⁴	Відцентровий момент інерції відносно головних осей Y1 і Z1
Sy	5.324	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Y1
Sz	0.370	см ³	Статичний момент інерції відносно головної осі Z1

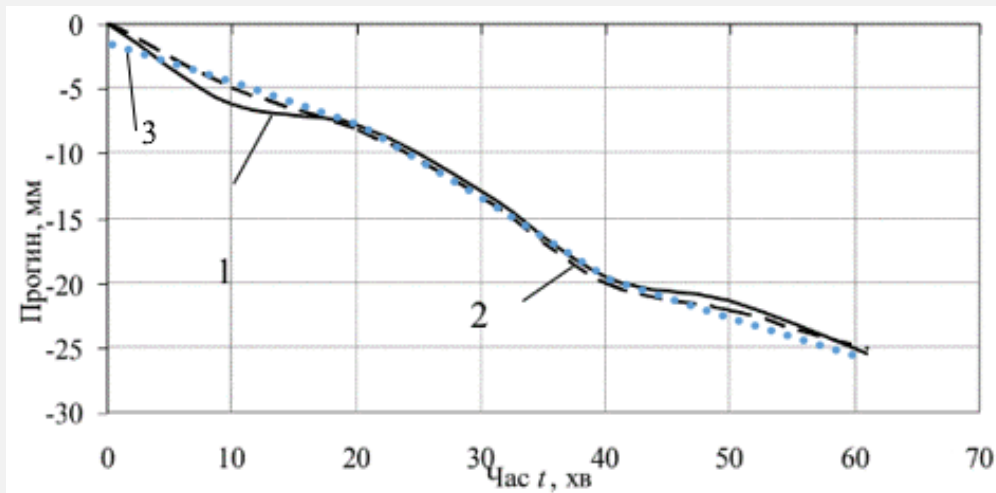
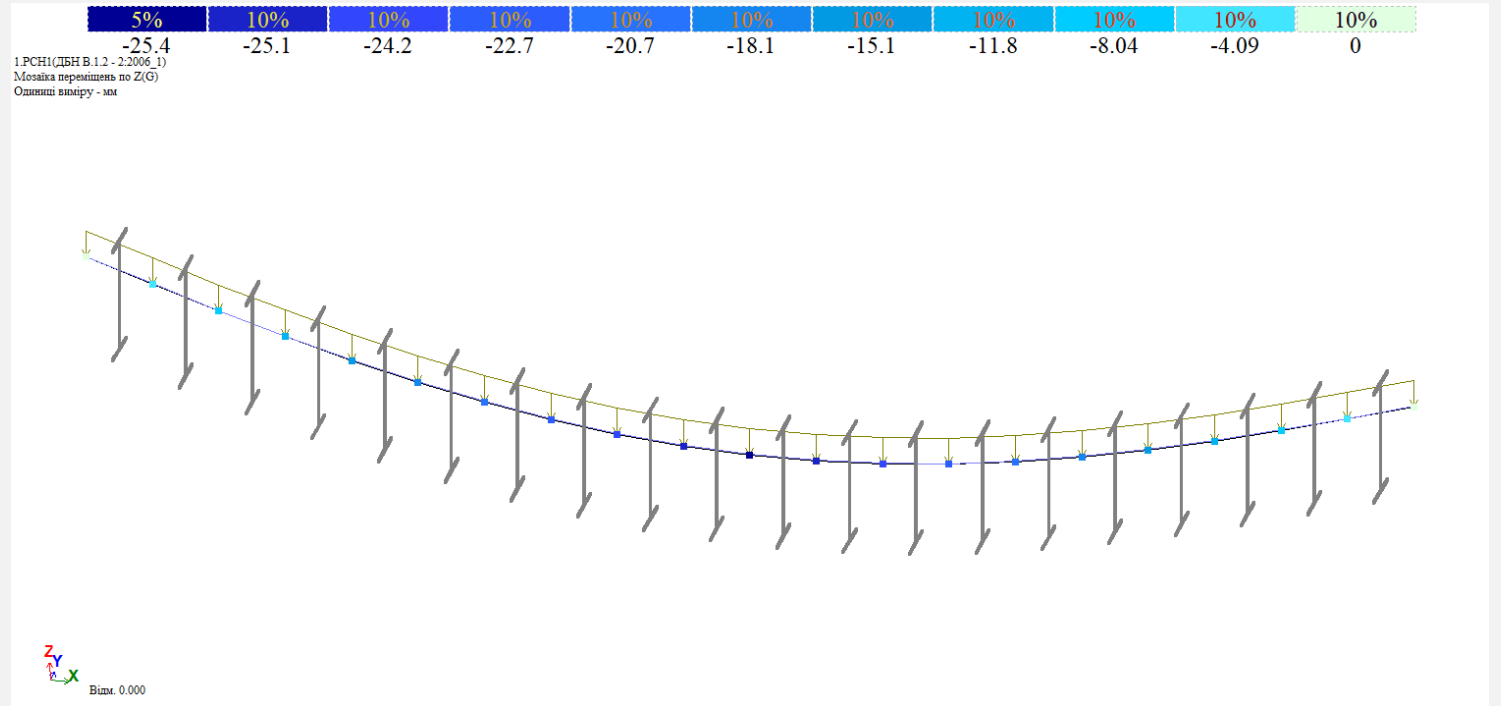
Ділянка 5

Методика поділеного перерізу

Навантаження 17 кН/м



Схема навантаження балки



→ Прогини навантаженої балки: 1 – експеримент; 2 – чисельний розрахунок пластинчатої моделі; 3 – чисельний розрахунок стержневої моделі

ВИСНОВКИ

1. Вогнестійкість будівельних конструкцій відіграє ключову роль в проектуванні будівель і споруд.
2. Необхідно вивчати та впроваджувати нові чисельні методи розрахунку на вогнестійкість.
3. Після впровадження європейських нормативних документів розрахунок на вогнестійкість конструкцій стане **ОБОВ'ЯЗКОВИМ** при виконанні проектних рішень, що підвищить безпеку людей та надійність конструкцій.