



УКРАЇНСЬКИЙ ЦЕНТР  
СТАЛЕВОГО  
БУДІВНИЦТВА

## **Дії на сталезалізобетонні конструкції**

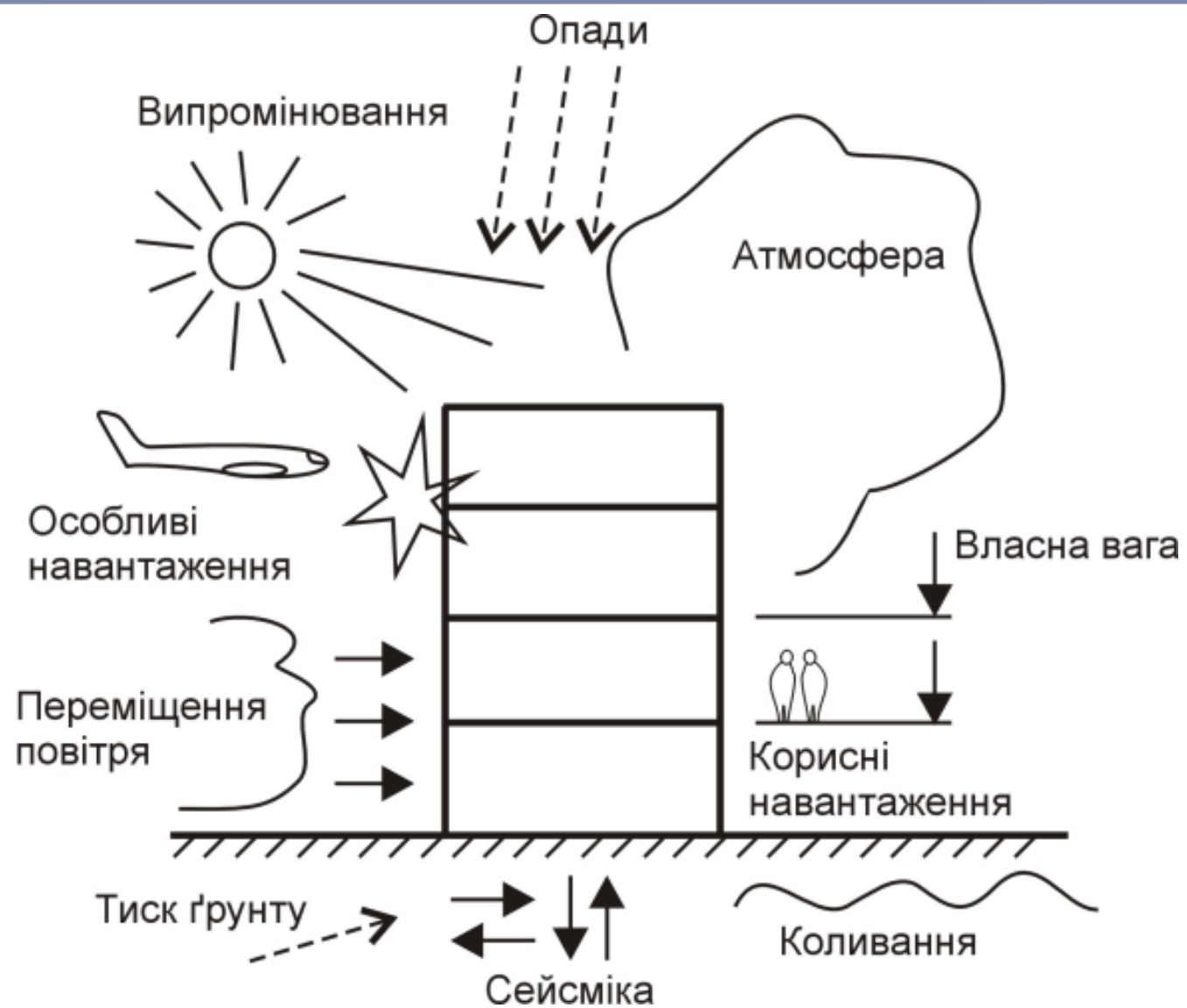
Білик Артем Сергійович  
к.т.н., голова інженерного  
центру УЦСБ, доцент кафедри  
металевих і дерев'яних  
конструкцій КНУБА  
Головний інженер проектної  
компанії «Вартість»

## Дії: навантаження і впливи

- ДСТУ-Н Б EN 1991, Єврокод 1: «Дії на конструкції»:
- ..EN 1991-1-1 Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження на будівлі
- .. EN 1991-1-2 Дії на конструкції під час пожежі
- .. EN 1991-1-3 Снігові навантаження
- .. EN 1991-1-4 Вітрові навантаження
- .. EN 1991-1-7 Особливі динамічні навантаження

## Коефіцієнти надійності

- ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990) Єврокод: «Основи проектування конструкцій»+національний додаток



## Зовнішні дії на металоконструкції

Силкові: навантаження	Несилкові: впливи
<ul style="list-style-type: none"><li>• власна вага</li><li>• корисна вага</li><li>• снігові</li><li>• вітрові</li><li>• аварії, вибухи, удари</li><li>• температура</li><li>• сейсміка, деформації основи</li><li>• вібрації, резонанс</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• волога</li><li>• повітря</li><li>• хімічні</li><li>• радіація</li><li>• біологічні фактори</li><li>• блукаючі струми</li><li>• статична електрика</li></ul>

# Дії також класифікуються за:

- **їх походженням** як **«прямі»** або **«непрямі»**. Прямі дії - це сили, прикладені безпосередньо до конструкцій. Непрямі дії - це деформації або прискорення, викликані, наприклад, температурою, зміною вологості, нерівномірними опадами або землетрусами

- **змінами їх просторового розподілу** як **«фіксовані»** або **«вільні»**. Фіксовані (стаціонарні) - це дії з встановленим розподілом по конструкції або її елементу, в результаті чого величина і напрямок всієї дії однозначно визначається завданням величини і напрямки в одній точці конструкції або її частини

- **їх природою і / або результатом дії** на конструкцію як **статичні** або **динамічні**. Статичні - дії, які не викликають істотного коливання несучої конструкції або її елементів. Динамічні - дії, що викликають суттєве коливання несучої конструкції або її елементів



## Деякі відмінності змінних навантажень від національної системи:

- Вітрові навантаження визначаються залежно від швидкості напору а не еквівалентного тиску
- Снігові навантаження і вітрові на покрівлі є сумісними але не з людьми
- Покриття розраховують як на розподілене так і на варіант зосередженого навантаження



# Навантаження на конструкції:

- **Постійні G:** власна вага, стаціонарне обладнання та покриття, осідання опор;
- **Перемінні Q:** корисні навантаження на перекриття і покриття, атмосферні;
- **Епізодичні A:** вибухи, удари у конструкції транспорту

Категорія	Вид використання	Значення рівномірно-розподіленого навантаження кН/м.кв.
<b>A</b>	Перекриття у житловій зоні	1,5 – <u>2,0</u>
<b>B</b>	Офісні зони	2,0 – <u>3,0</u>
<b>C5</b>	Зони скупчення людей, де проводяться суспільні заходи	<u>5,0</u> – 7,5
<b>D2</b>	Торговельні будинки та універсами	4,0 – <u>5,0</u>

- **Додатково перегородки 0,5-1,2 кН/м.кв.**

Підкреслене значення є рекомендованим

Диференціація надійності за відповідальністю прийнята відповідно національній за ДБН В.1.2-14:2009:

Клас наслідків	Категорія відповідальності конструкції	Значення K <sub>fi</sub> при розрахункових ситуаціях:		
		постійних	перехідних	аварійних
СС3	A	1,250	1,050	1,050
	Б	1, 200	1,000	
	B	1,150	0,950	
СС2	A	1,100	0,975	0,975
	Б	1,050	0,950	
	B	1,000	0,925	
СС1	A	1,000	0,950	0,950



# Терміни експлуатації

Категорії проектних термінів експлуатації	Проектний термін експлуатації (у роках)	Приклади
1	10	Тимчасові споруди
2	10-25	Замінювані частини несучих конструкцій, (підкранові балки, деякі опори, в'язі)
3	не менше 25	Будівлі і споруди, що експлуатуються у сильно агресивному середовищі
3	15-30	Сільськогосподарські та складські будівлі і споруди
4	50	Будівельні конструкції загального призначення при нормальних умовах експлуатації
5	100	Монументальні споруди, мости та інші цивільні інженерні споруди



**Будівля London Dock and  
Harbour Company/ Henry  
Robinson Palmer  
1829**

**Чотирьохповерхова  
будівля Greene's Boat  
House, м. Sheerness, ГБ, з  
сіткою колон 4х9м  
1858**



## Граничні стани:

**Перша група** (ultimate limit state) – граничні стани за несучою здатністю:

**EQU** – втрата стійкості положень конструкції чи її частини, вцілому. Суттєву роль грають навантаження, а характеристики матеріалів малозначущі.

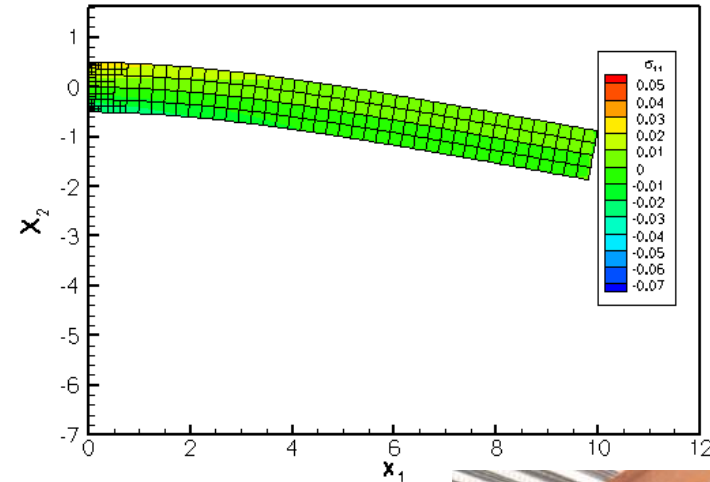
**STR** - втрата міцності або стійкості форми конструкції чи її частини. При цьому характеристики матеріалів визначальні і контролюються.

**GEO** – втрата несучої здатності основи конструкції . При цьому характеристики ґрунтів визначальні і контролюються.

**FAT** – руйнування конструкції або її елементів внаслідок втоми.

**Друга група** (serviceability limit state) – граничні стани за експлуатаційною придатністю:

- **Зворотні** граничні стани за експлуатаційною придатністю при яких після припинення дій їх наслідки, що перевищують граничні значення відсутні і не розвиваються
- **Незворотні** граничні стани за експлуатаційною придатністю при яких деякі наслідки дій, які перевищують граничні значення, лишаються після припинення дій



# Розрахункові сполучення дій:

Розрахункові ситуації за базовим єврокодом 0 (ДСТУ-Н Б EN 1990), класифікуються за такими типами:

- Усталені (постійні) розрахункові ситуації, що відповідають нормальним умовам експлуатації несучої конструкції;
- тимчасові розрахункові ситуації (перехідні), що відносяться до станів несучої конструкції, обмеженим у часі, такі як етап будівництва або ремонту;
  - надзвичайні аварійні ситуації, пов'язані з надзвичайними для несучої конструкції умовами, такими як пожежа, вибух, удар або наслідок локальної відмови;
  - сейсмічні розрахункові ситуації, які відносяться до дій на несучу конструкцію при землетрусі

Розрахункове значення дії ( $F_d$ ) у загальному вигляді може бути виражене формулою:

$$F_d = \gamma_F \psi F_k$$

$\psi$  коефіцієнт сполучення

$\gamma_F$  частинний коефіцієнт надійності

$F_k$  характеристичне значення дії



# Перша група

Усталена або перехідна розрахункова ситуація

EQU:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

STR:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

GEO: всі

Випадкова, аварійна розрахункова ситуація

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + A_d + (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

$G_{kj}$  характеристичне значення усталеної дії

$Q_{k,1}$  характеристичне значення переважаючої перемінної дії

$Q_{k,i}$  характеристичне значення супутніх перемінних дій

$A_d$  розрахункове значення випадкової, аварійної дії

## Частинні коефіцієнти надійності для навантажень за I групою:

Стан	Постійна дія $Y_{G,j}$		Переважаюча основна перемінна дія $Y_{Q,1}$	Супутні перемінні дії $Y_{Q,i}$	
	Несприятл.	Сприятл.		Головні	Інші
EQU (6.10)	$1.1 G_{kj,sup}$	$0.9 G_{kj,inf}$	$1.5 Q_{k,1}^*$	$1.4 \psi_{0,i} Q_{k,i}$	
GEO (6.10)	$1.35 G_{kj,sup}$	$1.0 G_{kj,inf}$	$1.5 Q_{k,1}^*$	$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$	
STR/GEO (6.10a)	$1.35 G_{kj,sup}$	$1.0 G_{kj,inf}$	-	$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$
STR/GEO (6.10b)	$\xi Y_{G,j} =$ $= 0.85 \cdot 1.35 =$ $1.15 G_{kj,sup}$	$1.0 G_{kj,inf}$	$1.5 Q_{k,1}^*$	-	$1.5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$A_d$	$\psi_{11}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

*\*При сприятливій (тобто такій що зменшує сумарне навантаження) переважаючій основній перемінній дії  $Y_{Q,1}=0$*



## Коефіцієнти сполучень дій $\psi$ для будівель

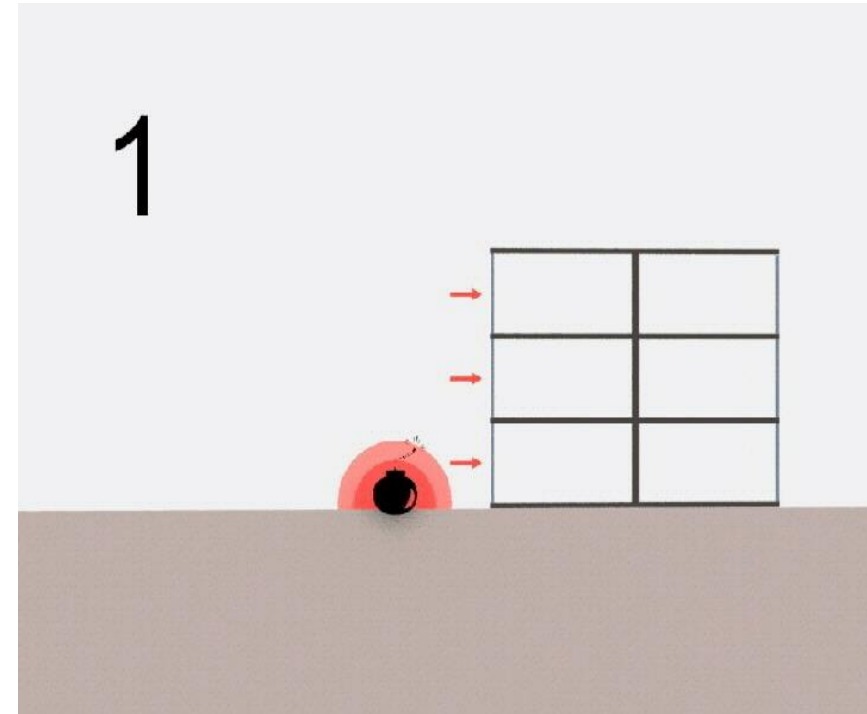
Корисні навантаження згідно категорій ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>A: житлові</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.35</b>
<b><u>B: офісні</u></b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.35</b>
<b>C: місця скупчень людей</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>
<b>D: торгові площі</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>
<b>E: складські площі</b>	<b>1.0</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>
<b>H: покрівлі</b>	<b>0.7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Снігові нав. за ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>
<b>Вітрові нав. за ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0</b>
<b>Температурні нав.(без пожежі) в будівлях за ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>

# Аварійні ситуації та забезпечення живучості

Єврокод 1, Частина 1-7 (ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7) призводить принципи і правила при оцінці епізодичних (аварійних) впливів на будівлі, споруди та мости

Основні випадки:

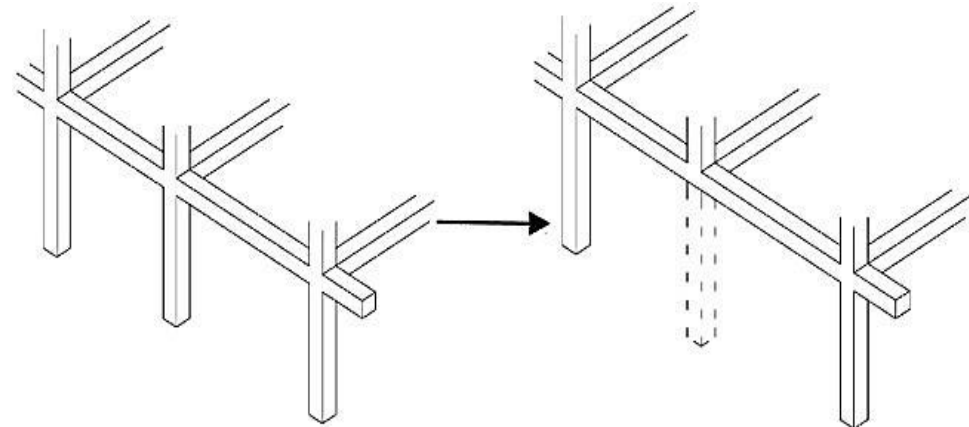
- ударні впливи від машин, рейкового транспорту, суден і вертольотів;
- впливу внутрішнього вибуху;
- наслідки локального відмови в результаті невстановленої причини



**Живучість** - це здатність пошкодженої системи адаптуватися до нових і, як правило, непередбачених ситуацій, протистояти позапроектним діям, виконуючи при цьому свою цільову функцію, за рахунок відповідної зміни структури і поведінки системи. Іншими словами, це властивість конструкції зберігати працездатний стан навіть при пошкодженні її частин, і протистояти таким подіям, як пожежа, вибух, удар і т.п. без виникнення пошкоджень непропорційних причині їх виникнення (прогресуючому руйнуванню)



**Ключовий елемент** - це конструктивний елемент, від якого залежить загальна стійкість решти будівлі



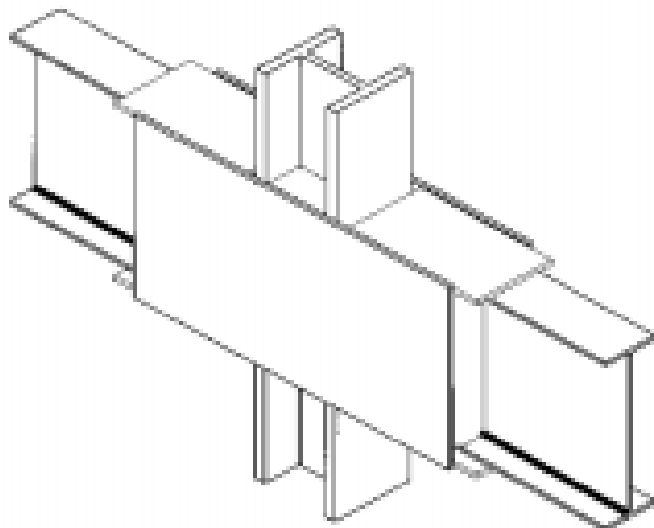
# Стратегії для аварійних розрахункових ситуацій

Стратегії, засновані на встановлених аварійних діях, таких як вибух або удар

- проектування конструкцій з живучістю, достатньою при виникненні встановленого впливу
- виключення або зниження значень встановлених навантажень
- розрахунок конструкції на встановлені дії

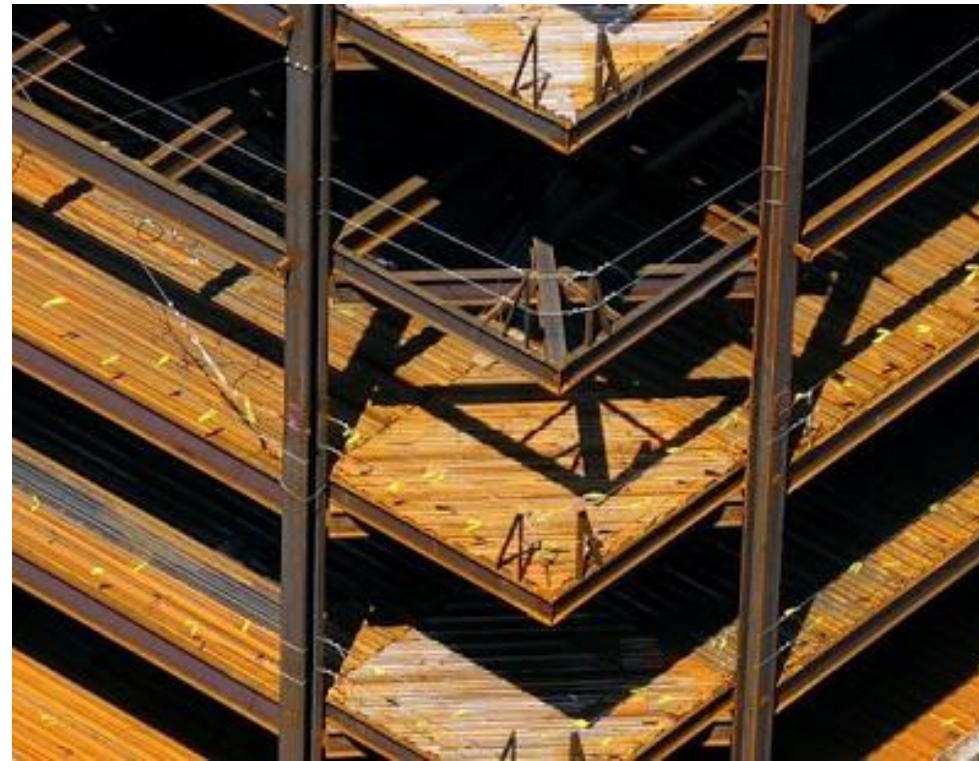
Стратегії, засновані на обмеженні масштабу руйнування в результаті локальної відмови з невстановлених причин

- ефективне резервування, наприклад, за рахунок альтернативних шляхів передачі зусиль
- розрахунок ключових елементів на фіктивне аварійне навантаження  $A_d$
- конструктивні правила, наприклад, цілісність і пластичність



Сталезалізобетонні каркаси апріорі мають досить високу живучість за рахунок початкової реалізації декількох стратегій забезпечення захисту будівель при аварійних ситуаціях:

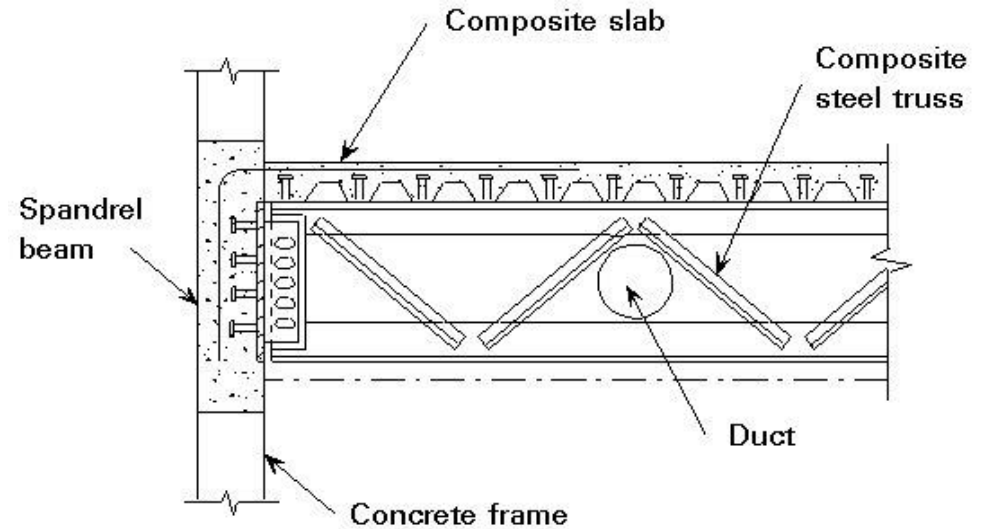
- виключення крихких форм відмови конструкцій каркасу за рахунок використання сталі, яка має достатню пластичність і деформативність, що дозволяє поглинати і розсіювати значну частину потенційної енергії без обвалення
- багатозв'язність і нерозрізність конструкцій за рахунок жорстких дисків перекриттів, що допомагає забезпечити альтернативні шляхи передачі зусиль та максимально виключити наявність ключових елементів (наприклад, найбільш навантажених колон)





**Стосовно до сталезалізобетонних каркасів будівель  
поширеними заходами захисту каркасів від аварійних дій  
є**

- застосування нерозрізних (статично невизначуваних) конструктивних схем;
- забезпечення багатозв'язності в горизонтальних і вертикальних напрямках з розрахунковою несучою здатністю;
- резервування надійності шляхом посилення ключових елементів конструкції;
- збільшення кількості анкерних упорів для підвищення зсувної жорсткості і ступеня спільної роботи перекриттів;
- легкоскидні конструкції (зменшення дії вибуху);
- захисне обетонування, огорожі та бар'єри (зменшення наслідків ударів або вибухів).



# Аварійні розрахункові ситуації для різних класів наслідків

---

СС1 - спеціальний облік аварійних дій не потрібний за умови врахування всіх відповідних правил запасів міцності і загальної стійкості

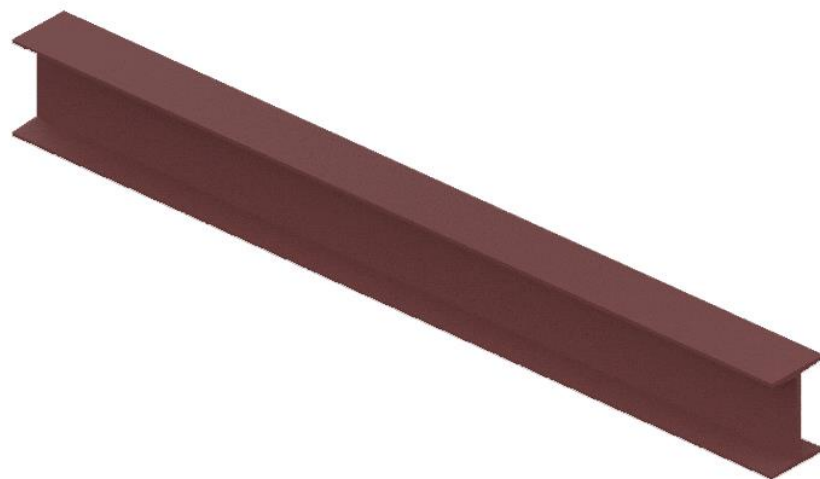
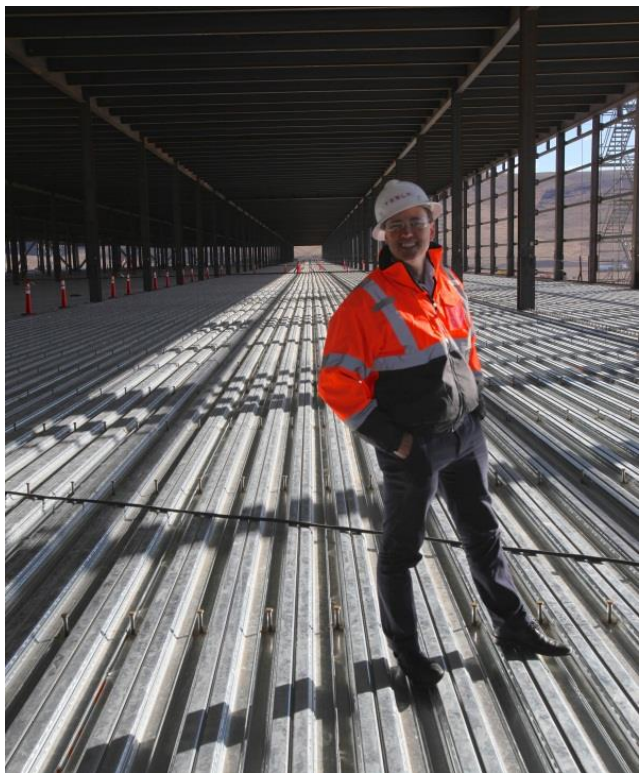
СС2 - в залежності від конкретних обставин допускається спрощений розрахунок з моделями еквівалентних статичних навантажень або традиційних розрахункових / конструктивних правил (забезпечення і розрахунок горизонтальних і вертикальних в'язевих блоків, перевірка живучості винятком елементів з визначенням і розрахунком ключових з них)

СС3 - спеціальне дослідження в кожному окремому випадку, яке може включати аналіз ризиків і уточнені моделі з динамічними навантаженнями, нелінійними властивостями і урахуванням характеру взаємодії навантаження-конструкція

Якщо стратегія забезпечення живучості передбачає визначення ключових елементів, то вони повинні бути здатні сприйняти аварійне зусилля  $Ad$ , прикладене в горизонтальних і вертикальних напрямках (окремо) до самого елемента і будь-якій конструкції що примикає до нього, і міцність якої, включаючи її вузли, залежить від ключового елемента. Це аварійне зусилля повинне прикладатися згідно комбінації 6.11b ДСТУ-Н Б EN 1990 і згідно з рекомендаціями національного додатку і представляється у вигляді розподіленого навантаження  **$Ad = 34 \text{ кН} / \text{м}^2$** .

# Сталезалізобетонні конструкції розраховують:

На етапі зведення



На етапі експлуатації





# Навантаження на етапі зведення

- Власна вага сталевих конструкцій
- Опалубка якщо є
- Бетон як вага + додаткова вага через прогин і вологу
- Армування
- Персонал
- Обладнання...



## Постійні навантаження

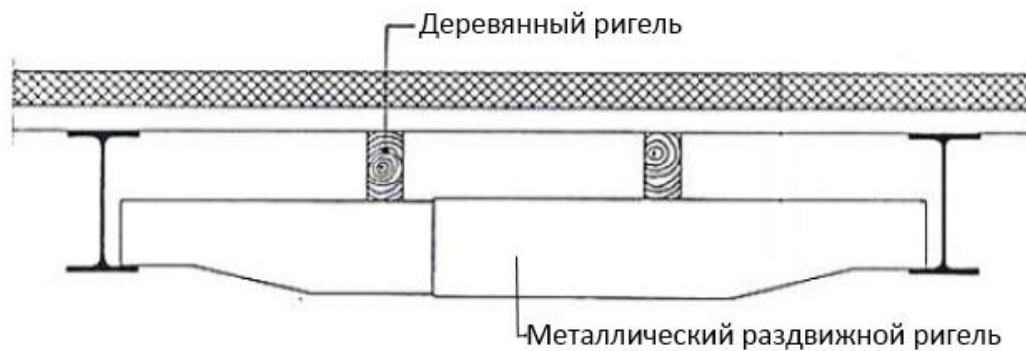
Постійні навантаження повинні враховувати вагу постійних конструктивних і неконструктивних елементів та об'єктів, присутніх на етапі будівництва на перекритті, в тому числі комунікацій, стаціонарного обладнання, природних і насипних ґрунтів

4.11.1 (1)  
ДСТУ-Н Б  
EN 1991-1-6

ДСТУ-Н Б EN1991-1-6 «Загальні дії. Дії на етапі зведення»

**Слід враховувати тимчасові розкріплення із площини для колон і балок!**

**Можливо необхідні тимчасові підкріплення настилу та/або балок!**



## Змінні навантаження на етапі будівництва

Дії, які слід одночасно враховувати на етапі бетонування, можуть включати в себе навантаження від робочих з дрібним інструментом, від опалубки і тимчасових опор а також вагу незатверділої бетонної суміші

Рекомендовані значення навантажень під час виконання робіт з бетонування прийняті за національним додатком ДСТУ-Н Б EN1991-1-6

№	Вантажна площа	Навантаження, кН/м <sup>2</sup>
(1)	За межами робочої зони	0,75 включають навантаження від робочих з дрібним інструментом ( $Q_{sa}$ )
(2)	У межах робочої зони 3 x 3 м (або прольоту, коли він менше 3 м)	10 % власної ваги бетону, але не менше 0,75 і не більше 1,5, що включають навантаження від робочих з дрібним інструментом ( $Q_{sa}$ ), скупчення матеріалів і елементів конструкції в тимчасовому положенні ( $Q_{sf}$ )
(3)	Повна фактична поверхня	Власна вага знімної опалубки, що несе тимчасової оснащення ( $Q_{ss}$ ) і вага незатверділої бетонної суміші для розрахункової товщини ( $Q_{sf}$ )

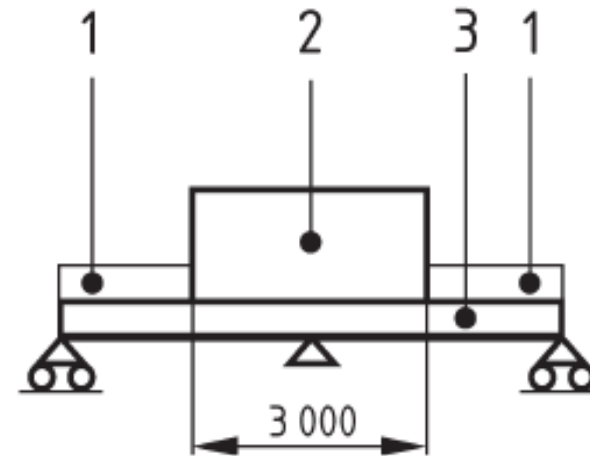
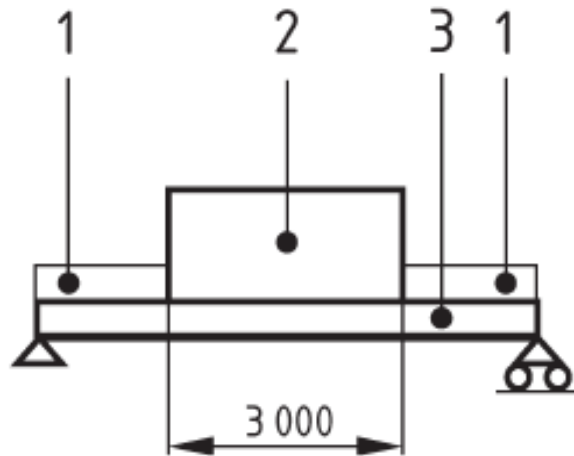


## Характерними додатковими навантаженнями на етапі облаштування сталезалізобетонних перекриттів можуть бути

- навантаження від бухт і пачок арматури, які приймаються індивідуально в залежності від перетину і форми поставки;
- пакетів настилу, які для 20 аркушів сталевго профлиста можуть попередньо прийматися з розрахунку **3кн / м2**;
- компресорів і генераторів, зварювальних апаратів;
- цебер і смітєвих контейнерів;
- палет стад-болтів і інших метизів тощо



Навантаження (1), (2) і (3) слід розміщувати в найбільш несприятливому положенні, що викликає максимальні симетричні або несиметричні ефекти дій



Навантаження (2) в межах робочої зони рекомендується приймати на рівні максимального значення  $1,5 \text{ кН / м}^2$ . Іноді його представляють у вигляді суми завантаження (1) по всій поверхні конструкції і додаткового навантаження (2) в  $0,75 \text{ кН / м}^2$  в межах робочої зони

Для звичайних варіантів **армування** допускається враховувати арматуру питомим навантаженням на кубометр бетону в **1 кН / м.куб.**, наприклад:

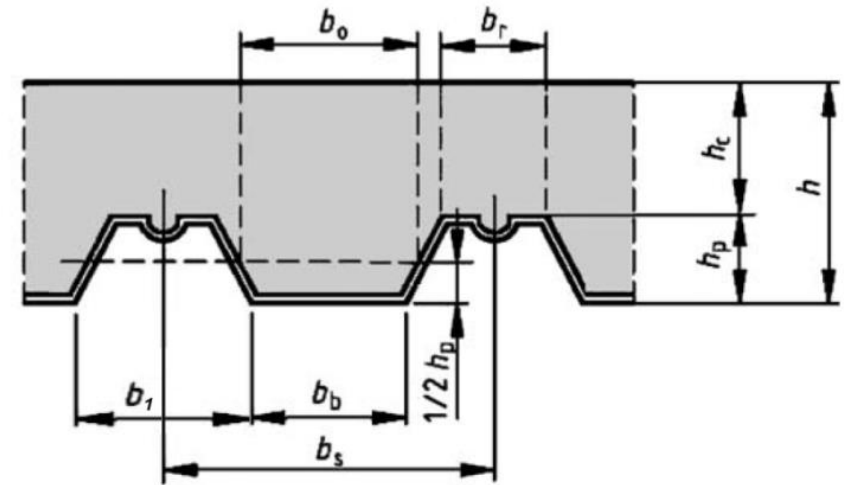
$$\gamma = 24,0 + 1,0 = 25,0 \text{ кН/м}^3$$

Також слід враховувати вологу у бетоні, що не затужавів, наближено 1 кН / м.куб.

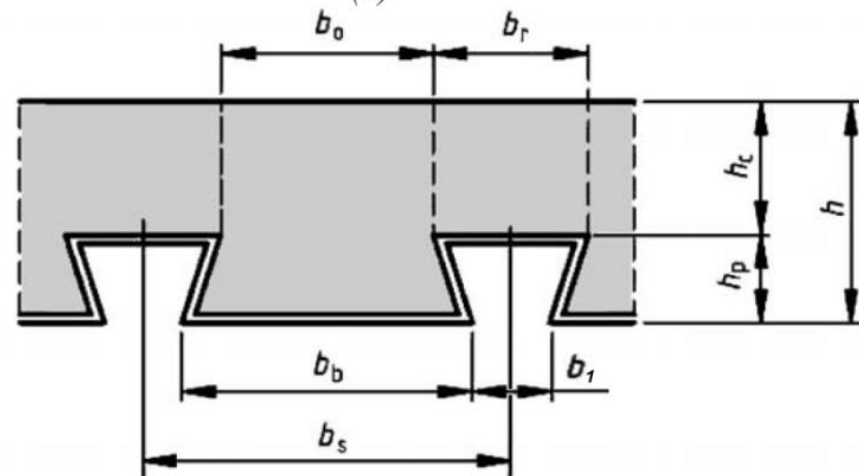
Приведена товщина бетону для настилів з трапецеїдальними і зворотними (закритими) гофрами дорівнює:

$$h_g = h - h_p \cdot \frac{b_1 + b_r}{2 \cdot b_s}$$

Геометричні параметри плит по профільованим настилах з трапецеїдальним (1) і зворотним (2) гофром



(1)

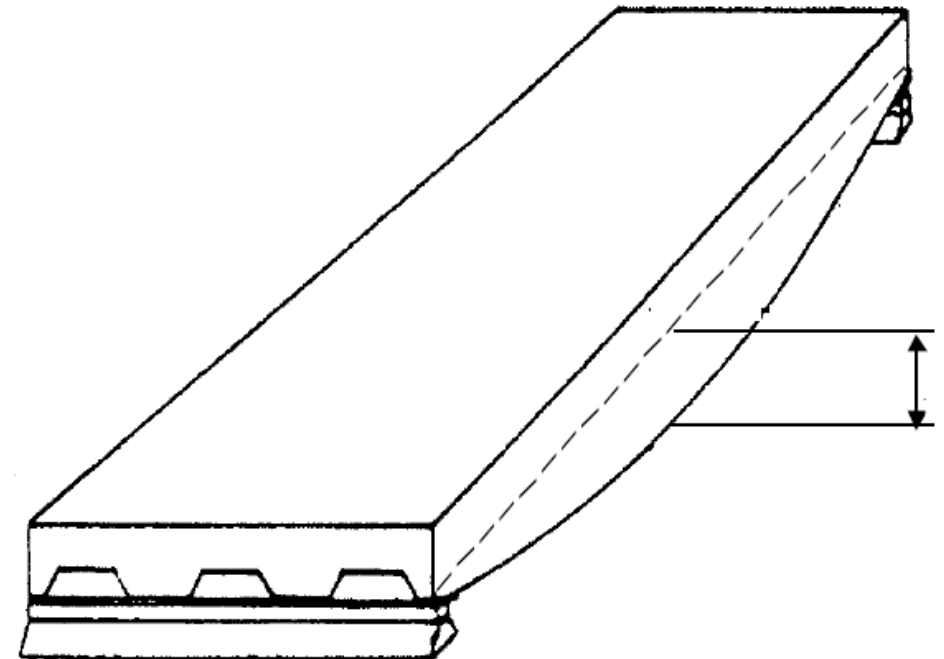


(2)

Якщо **максимальний прогин  $d$  профільованого листа** під дією власної ваги і ваги незатверділої бетонної суміші при перевірці експлуатаційної придатності **перевищує  $1/10$  товщини плити**, то при розрахунку перекриття **необхідно враховувати ефект «запруджування»**

При розрахунку **балок** настилу **рекомендується** враховувати даний ефект збором навантажень зі збільшення товщини плит на **70% від прогину настилу** плюс **70% від прогину балок настилу** і **100% від прогину головних балок**. При розрахунку **головних балок** збільшення розрахункової товщини плити рекомендується приймати рівним **70% від сумарного прогину настилу, головних і другорядних балок (балок настилу)**.

Ефект запруджування в розрахунку допускається враховувати **збільшенням номінальної товщини бетону на  $0,7 d$** . Дана додаткове навантаження на етапі будівництва також відноситься до змінних.



# ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

[WWW.USCC.UA](http://WWW.USCC.UA)

Білик Артем Сергійович  
к.т.н., голова інженерного центру УЦСБ

[abilyk@uscc.ua](mailto:abilyk@uscc.ua)

0507652354