



УКРАЇНСЬКИЙ ЦЕНТР  
СТАЛЕВОГО  
БУДІВНИЦТВА

14.12.2017

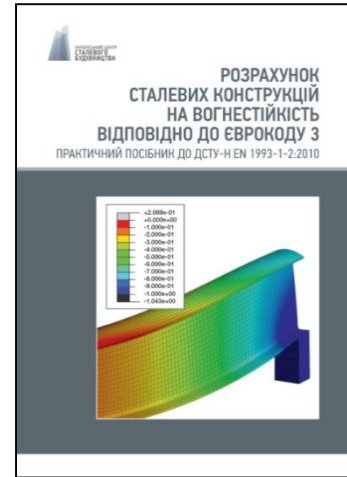
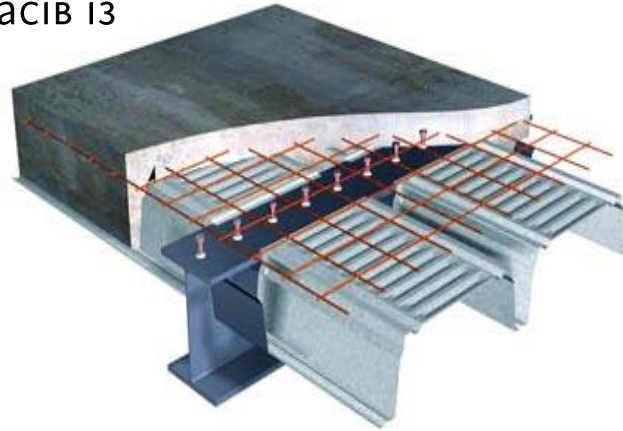
## Як знизити вартість сталевого проекту?

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

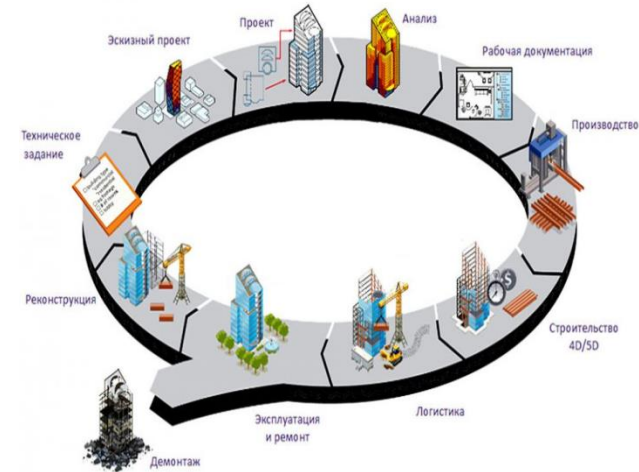
## СТРАТЕГІЯ РОЗВИТОК ПЕРСПЕКТИВИ



Шляхи підвищення ефективності каркасів із застосуванням сталевих конструкцій:

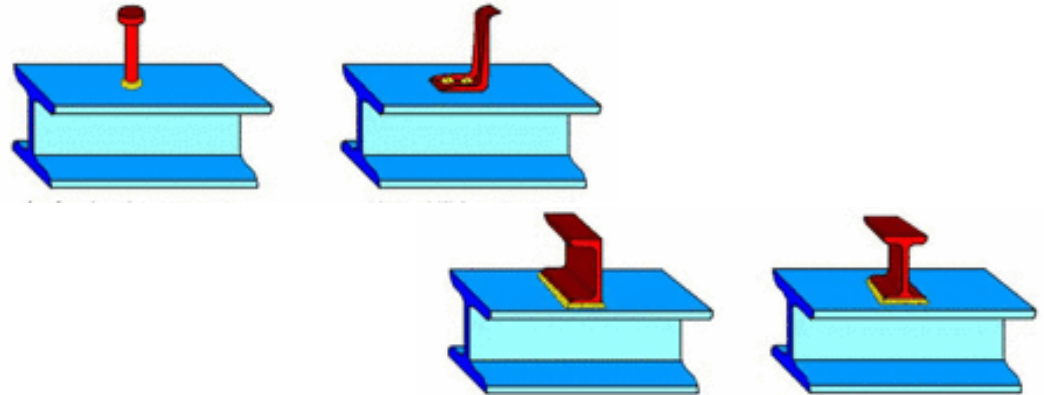
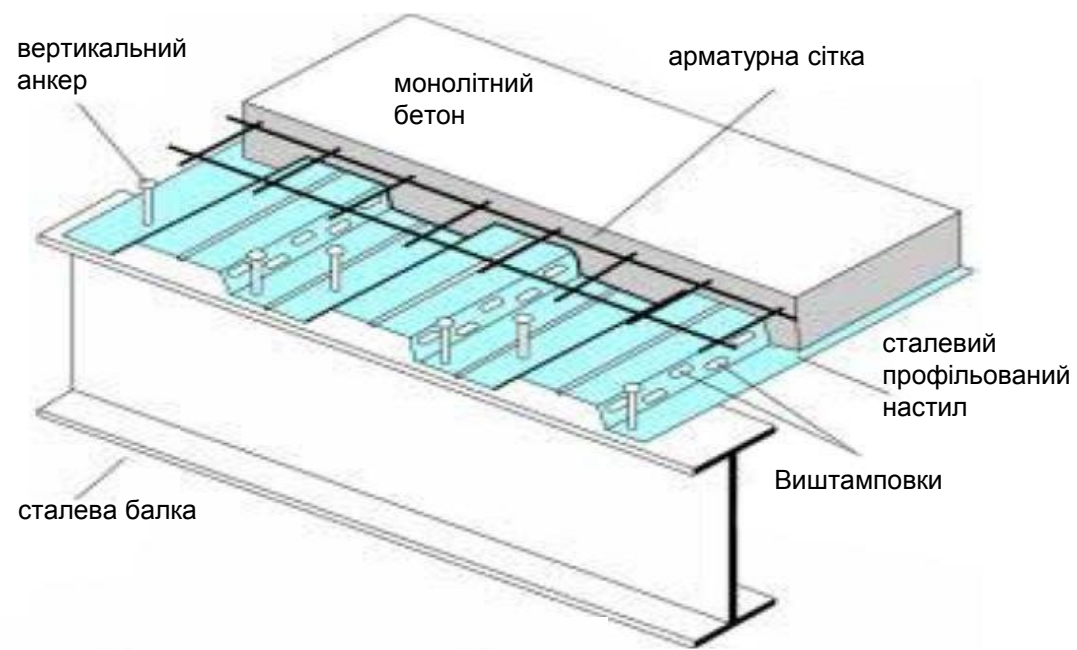


- Композитні рішення
- Наскрізні перерізи, понижені перекриття
- Високоміцні сталі
- Диференційований вогнезахист
- Економічні протипожежні заходи
- Європейські методики проектування
- Оптимізація проекту
- Комплексні критерії оцінки проекту



# Композитні рішення

- Висока швидкість будівництва
- Зниження металоємності каркасу
- Великі прольоти і невеликі перерізи
- Збільшення жорсткості, спільної роботи, живучості
- Підвищена вогнестійкість
- Технологічність
- Інтеграція комунікацій





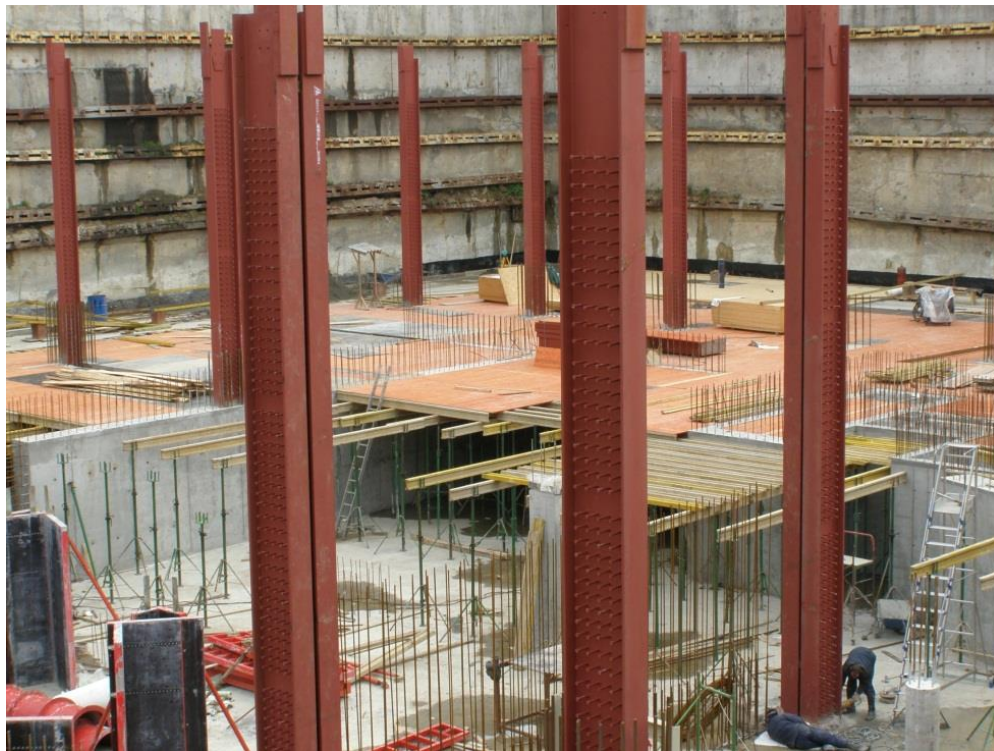
## Область застосування:

- Мостові конструкції
- Перекриття будівель
- Колони
- Реконструкція та підсилення
- Опорні бази
- Закладні деталі



# Композитні рішення

- **ДСТУ Б В.2.6-215: 2016 «Розрахунок і конструювання сталезалізобетонних конструкцій з плитами по профільованим настилам»**
- **ДСТУ Б В.2.6-216: 2016 «Розрахунок і конструювання з'єднувальних елементів сталезалізобетонних конструкцій»**
- ✓ **Семінари для проєктувальників**
- ✓ **Включено додаток розрахунків у ПК «Ліра-САПР»**
- ✓ **Включено модуль в програму перепідготовки Головних Інженерів**
- ✓ **В галузеві ДБН запропоновано правки**

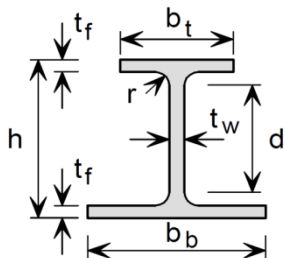




# Наскрізні перерізи, понижені перекриття

## Переваги:

- Пропуск комунікацій
- Економічність
- Фізична можливість реконструкції
- Архітектурні переваги
- Підвищена вогнестійкість понижених перекриттів
- Економія фасаду



## Область застосування:

### Наскрізні перерізи:

- Балки великих прольотів
- Офісні, громадські будівлі
- Паркінги

### Понижені перекриття:

- Реконструкція
- Обмеженість висоти



# Високоміцні сталі

## Переваги:

- Дрібнозерниста структура сталі
- Висока міцність
- Низький вуглецевий еквівалент
- Добра зварюваність
- Мінімізація попереднього нагріву
- Значна ударна в'язкість
- Відносно низька вартість

## Область застосування:

- Мінімізація ваги конструкцій
- Малоелементність
- Зносостійкість
- Фізична здійснюваність
- Висока надійність
- Відповідальні елементи
- Скорочення тривалості зведення

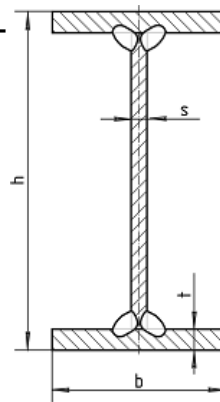
ДСТУ EN 10025-4:2007

**S 275 M/ML**

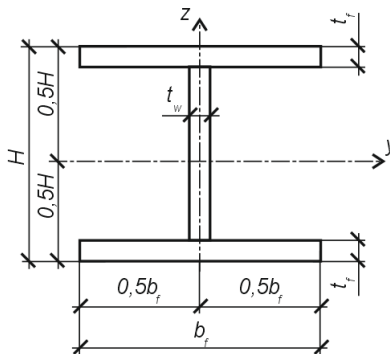
**S 355 M/ML**

**S 420 M/ML**

**S 460 M/ML**



Сталь	№	Маса балки, кг
C245	60БС4	<b>1484,0</b>
C275	50БС4	<b>1526,0</b>
C355	50БС3	<b>1281,1</b>
C420	45БС2	<b>1070,1</b>



Сталь	C245	C275	C355	C420	C460
bf, см	50	48	40	38	36
tf, см	3	2,8	2,8	2,5	2,5
tw, см	2,5	2	1,8	1,4	1,4
Hw, см	34	34	34	34	34
H, см	40	39,6	39,6	39	39
A, см <sup>2</sup>	470	404,8	346,4	285,2	275,2
маса кг/пог. м	<b>369,0</b>	<b>317,8</b>	<b>271,9</b>	<b>223,9</b>	<b>216,0</b>

## Високоміцні сталі

### Об'єкти:

- Мостові конструкції
- Висотні будівлі
- Реконструкція
- Високонантажені, захисні конструкції
- Великопролітні перекриття та покриття

### Обмеженість:

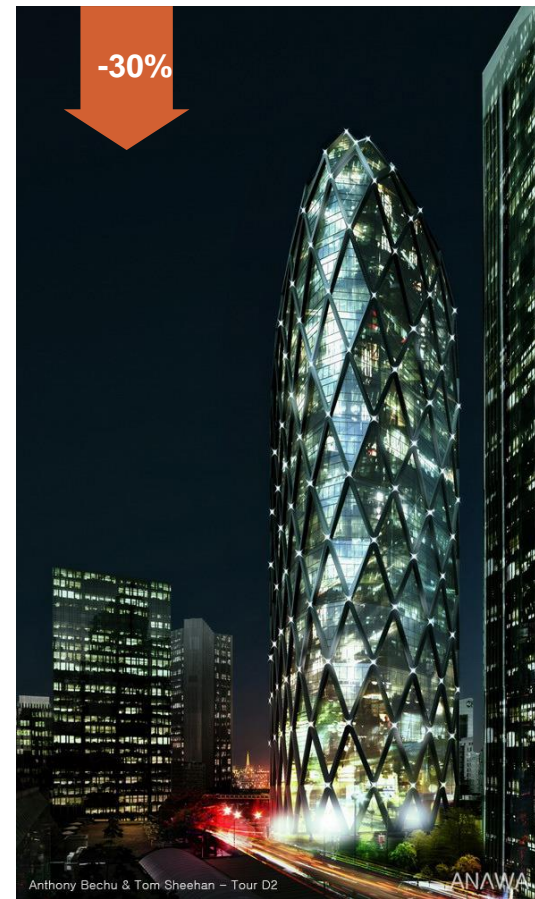
- Насичення металобаз
- Розширення сортаменту на фасон



H-tower Київ



Хрещатик 29, Київ



Башня D2 Париж, Франція,  
2014 171 м, 37 пов.



# Диференційований вогнезахист

## НОРМУВАННЯ

### ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.

5.5 При впровадженні в практику будівництва будинків з конструктивними системами, для яких неможливо визначити ступінь вогнестійкості рішення щодо віднесення їх до певного ступеня вогнестійкості, слід приймати за результатами оцінювання вогнестійкості конструктивної системи будинку в цілому або частини такої конструктивної системи. Оцінювання вогнестійкості може бути проведено розрахунковими та експериментальними методами за стандартами, які відповідають європейським вимогам з проектування, або за методиками, розробленими з урахуванням вимог додатка В цих Норм або шляхом натурних вогневих випробувань фрагментів будинку або будинку в цілому за ДСТУ Б В.1.1-18.

**В.1.1** Розрахунок вогнестійкості будівельних конструкцій має враховувати такі етапи:

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

Зазначені вище етапи наведено в ДБН В.1.2-7, ДСТУ-Н Б В.2.6-211, ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1995-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1996-1-2, ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2 (Єврокодах 1-6, 9), які встановлюють загальні положення і методи розрахунку на вогнестійкість конструкцій із залізобетону, сталі, сталезалізобетону, деревини, каменю та алюмінію.

### ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.

- визначення вогнестійкості незахищених сталевих елементів
- визначення вогнестійкості захищених сталевих елементів
- визначення критичної температури сталевих елементів

Практичний посібник.  
Розрахунок сталевих  
конструкцій на  
вогнестійкість відповідно  
до Єврокоду 3





# Розрахунок вогнезахисту за ДСТУ :

## РОЗРАХУНОК КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НЕСУЧИХ СТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОБ'ЄКТІ У МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

### Характеристики об'єкта:

- двоповерхова будівля каркасного типу;
- металоємність - 3400 т;
- площа під вогнезахист - 63000 м кв;
- ступінь вогнестійкості - II.

### Під вогнезахист:

- колони R120
- балки перекриття R45
- балки покриття R30
- в'язі R30, R45

### Економія вогнезахисної фарби в прикладі

49 948



31 686



**37%**

### Колони

Марка	θ <sub>cr</sub> , °C	Марка	θ <sub>cr</sub> , °C
K1	498,6	K1	470,5
K1A	498,6	K1 A	470,5
K2	498,6	K2	413,4
K3	498,6	K3	494,6
K3A	498,6	K3A	494,6
K4	498,6	K9	494,6
K5	498,6	K9A	494,6
K5A	498,6	K4	485,1
K10	498,6	K5	507,4
K10A	498,6	K5A	507,4
K7	510,2	K7	470,5
K7A	510,2	K7A	470,5
K8	510,2	K8	413,4
K9	510,2	K10	601,8
K9A	510,2	K6	587,2

**від 413°C – до 601°C**



### Балки перекриття

Марка	θ <sub>cr</sub> , °C	Марка	θ <sub>cr</sub> , °C
B30	575,0	CB653	640,3
B30A	616,0	CB701	636,0
B36	623,7	CP1151	644,7
B45	598,0	CP1152	572,1
Ш27	560,1	CP1153	640,3
KP1	631,8	CP1154	612,2
CB451	572,1	CP1155	649,3
CB451A	572,1	CP1156	649,3
CB452	517,2	CB1150	616,0
CB501	584,7	CB1151	758,5
CB501A	584,7	CB1130	697,5
CB651	578,3	CB1051	594,6
CB651A	578,3	CB1052	591,2
CB652	616,0	CB1051A	594,6

**від 517°C(572) – до 697°C**

## РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ВОГНЕЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наименование	Вогнезахисні матеріали 1, витрата в кг	
	при критичній температурі 500°C	при розрахунковій критичній температурі
Балки перекриттів	83 061	61 522
Балки покриття	4 099	2 838
Колони	113 705	113 705
В'язі	2 460	2 386

\*) металоконструкції перекриття, покриття і в'язей пофарбовані вогнезахисною фарбою, на колони нанесена вогнезахисна штукатурка

\*\*) колона з критичною температурою 413C порахована з витратою для 500C



# Економічні протипожежні заходи

- Композитні рішення
- Конструктивний вогнезахист
- Захисні штукатурки
- Зниження меж вогнестійкості на 30хв. при наявності спринклерної системи



Перекрытие пониженной высоты і захист штукатуркою колон, Київ 2017

## Поведінка конструкцій при пожежі:

Пожежа в Будинку профспілок 2014 р:



Руйнування залізобетону -  
пластичні деформації  
арматури, перехід в  
мембранну роботу і в  
результаті - обвалення



Прогресуюче обвалення

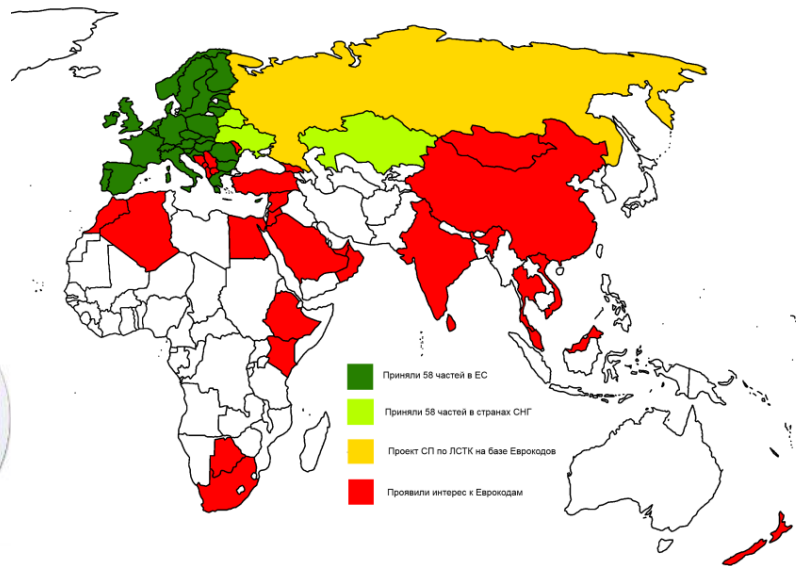
## Конструктивний вогнезахист в дії:

Захищена конструктивно тиньком по сітці металева ферма і  
балки після пожежі – без дефектів і пошкоджень



## Європейські методики проектування

- Випущено книги і посібники
- Проведено десятки семінарів
- Підготовлено програму навчання українських інженерів за європейськими нормами
- Елементи передових методик впроваджено у вітчизняні норми



## Заплановано:

- Проведення спеціалізованих семінарів і вебінарів
- Провадження програми навчання
- Поширення на ССЗ
- Публікації тощо

Замовник має можливість **самостійно приймати рішення**, за якими з нормативних документів здійснювати проектування конструкцій. У проектній документації на один об'єкт **не можуть одночасно застосовуватися різні будівельні норми!**

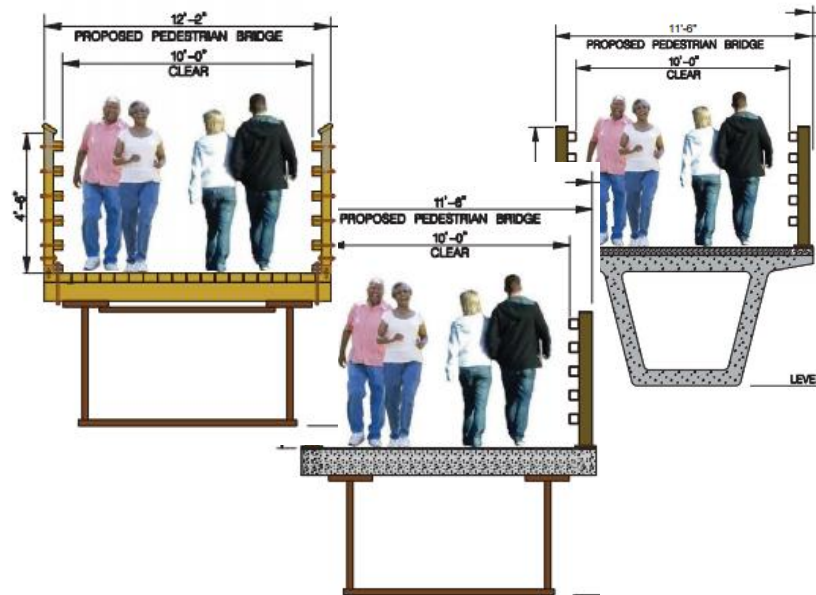




# Оптимізація проекту

- Техніко-економічний аналіз 3-8 + варіантів

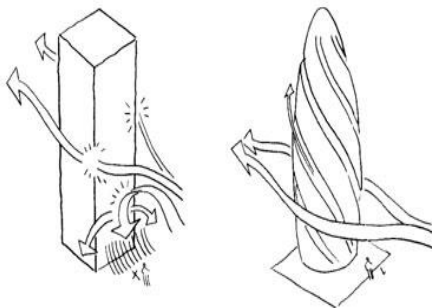
Порівняння вартості та строків зведення пішохідного мосту 61 м, США



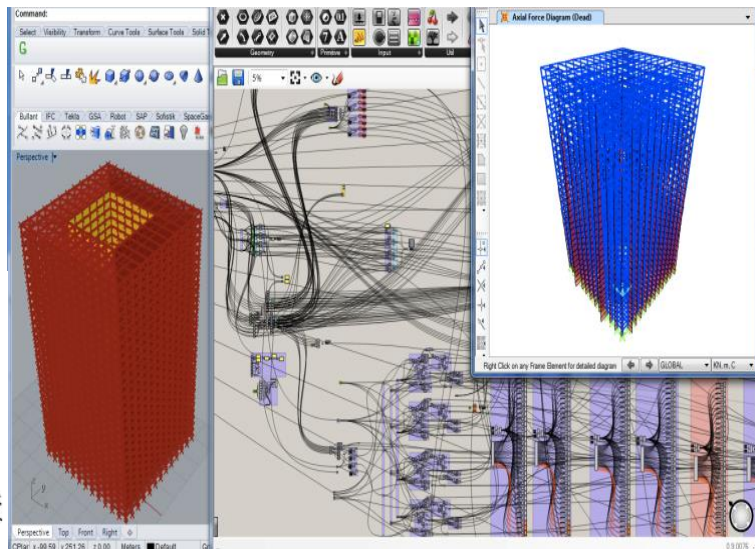
№	Тип конструкції	Вартість	Час б-цтва міс.
1	Металева ферма із ортотропною плитою	\$536,000	4
2	Сталева коробчата балка із дощатим настилом	\$793,000	6,5
3	Сталева коробчата балка із монолітним настилом	\$779,000	7,5
4	3-б коробчата балка з монолітним настилом	\$769,000	10

# Оптимізація проекту

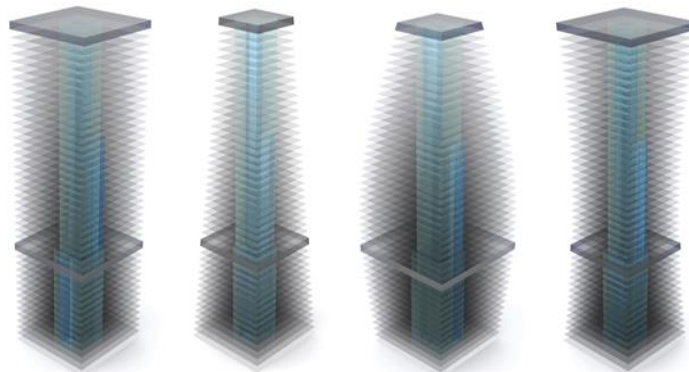
- Алгоритмічна оптимізація форми



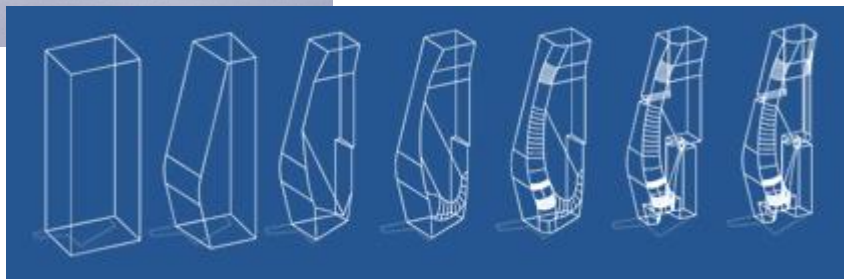
Варіанти форми Mary  
Ахе 30



Оптимізація в спеціалізованому BIM



Концепт  
Morphosis Phare  
Tower, Париж,  
296м

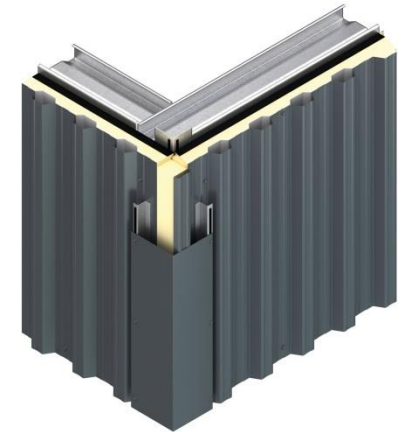
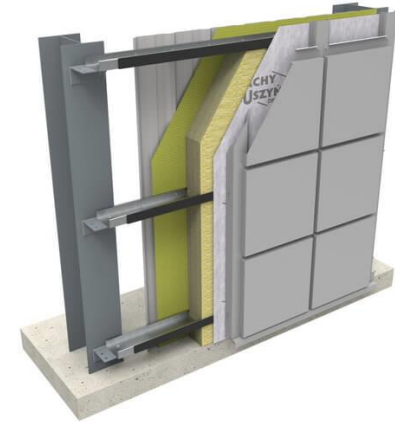
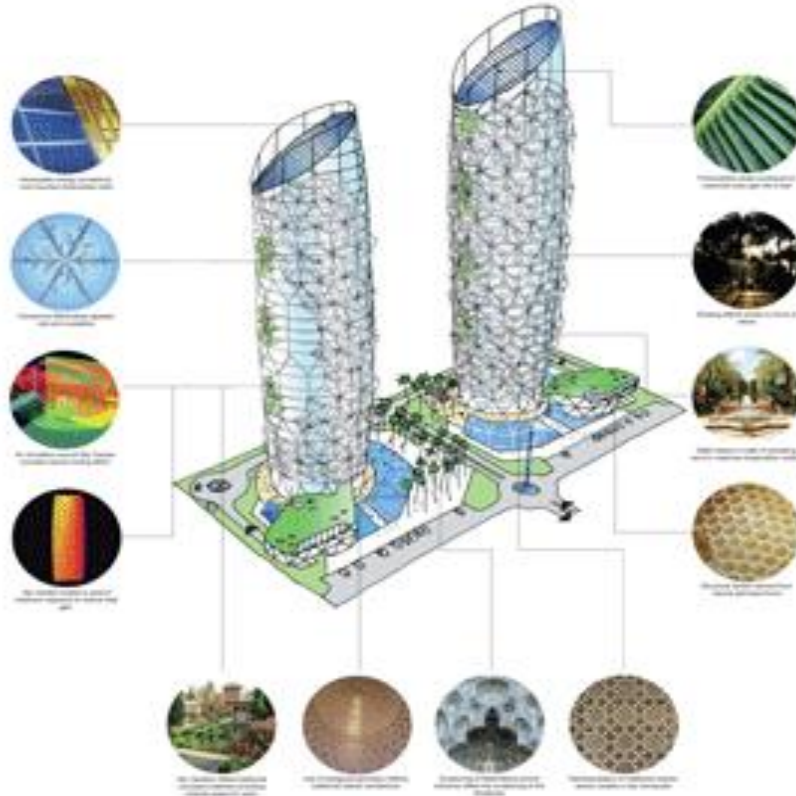




# Оптимізація проекту

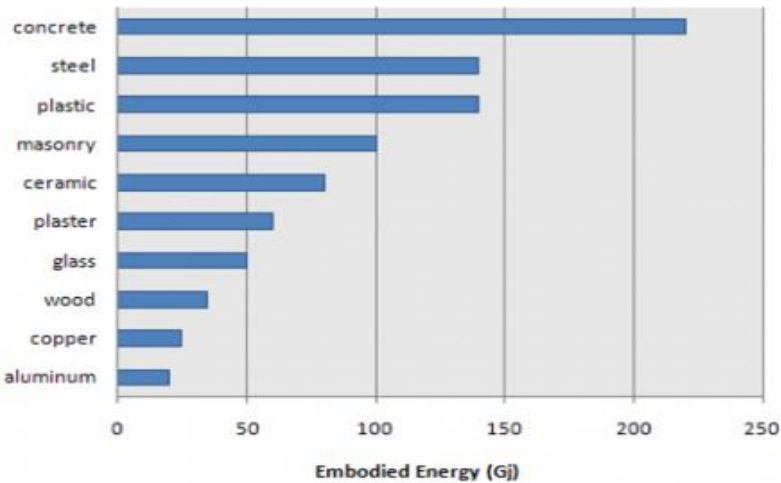
- Раціональний вибір огорожувальних конструкцій

- Рівнонадійність, довговічність
- Розкрий та розкладка
- Взаємна сумісність конструкцій
- Залучення заводів та будівельно-монтажних організацій
- Довгострокове планування
- Уникнення містків холоду
- Енергозбереження
- Економія конструктивів



# Комплексні критерії оцінки проекту

Переваги використання сталевих конструкцій проявляються в повній мірі при використанні критеріїв **собівартості в ділі, приведених витрат і вартості життєвого циклу будівлі** - від здійснення інженерних вишукувань, проектування, будівництва, експлуатації, реконструкції, капітального ремонту та до знесення.



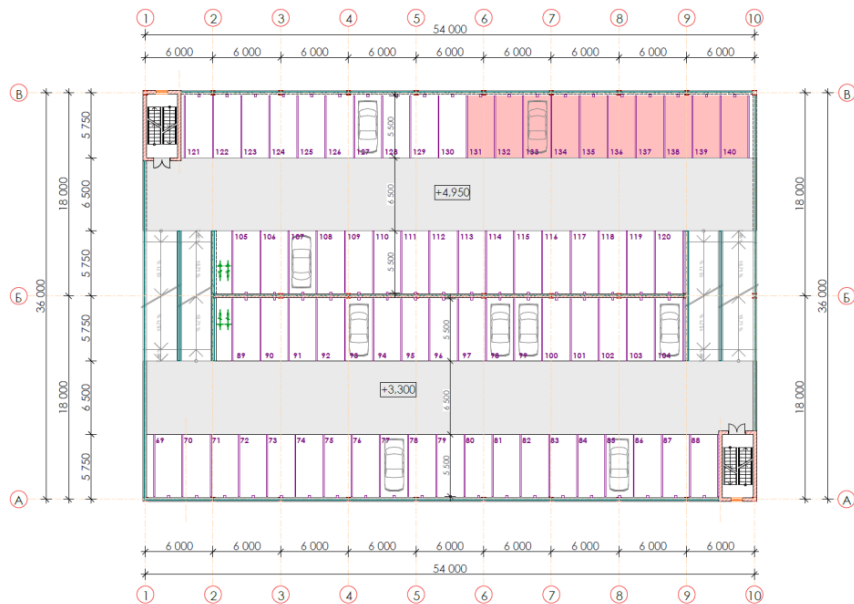
Залізобетон в каркасі набагато більш енергоємний, ніж сталь на всіх етапах життєвого циклу



Швидке зведення - раннє повернення інвестицій, зменшення кредитного навантаження, зниження адміністративних витрат:

$$NPV = \sum_{k=1}^t \frac{RO_k}{(1+I)^{k-1}} - \sum_{k=1}^t \frac{C_o}{(1+I)^{k-1}} - C_c - \frac{C_r}{(1+I)^t}$$

# Cost Study – Багаторівневий ПАРКІНГ - порівняльний аналіз «Бетон vs Сталь»



При сталевому каркасі  
**71** паркомісць на II  
 рівні



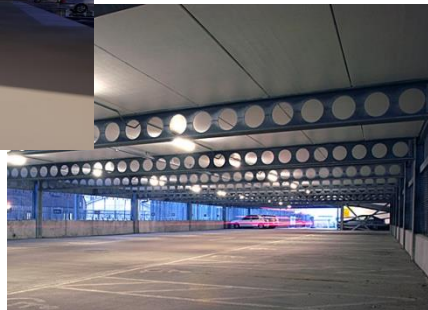
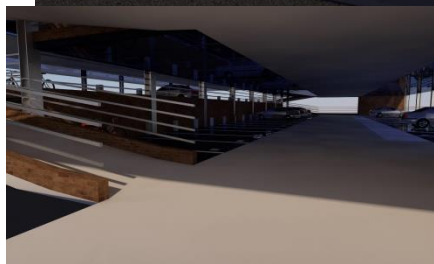
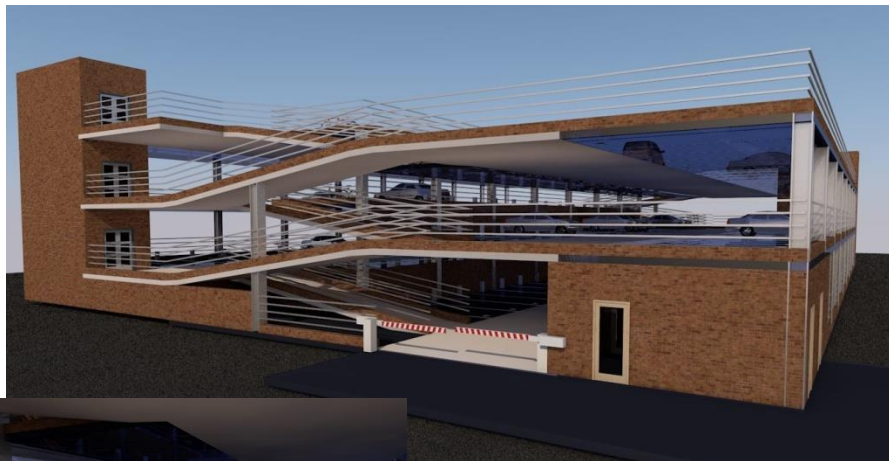
При залізобетонному  
 монолітному каркасі  
**61** паркомісце на II  
 рівні



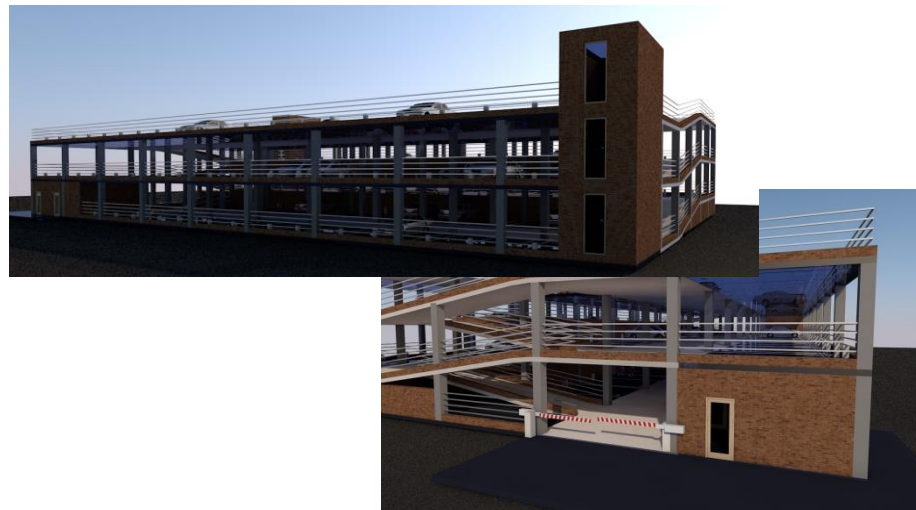


# Cost Study – Багаторівневий ПАРКІНГ - порівняльний аналіз «Бетон vs Сталь»

Сталевий каркас:



Монолітний залізобетонний каркас:



Тип паркінгу	- відкритий трирівневий паркінг
Ступінь вогнестійкості паркінгу	- IIIa
Кількість паркомісць	- сталеве рішення – 212 - залізобетонне рішення - 191
Габарити будівлі в плані	- 54x36м
Крок колон	- сталеве вирішення – 18x6м - залізобетонне рішення – 6x6м

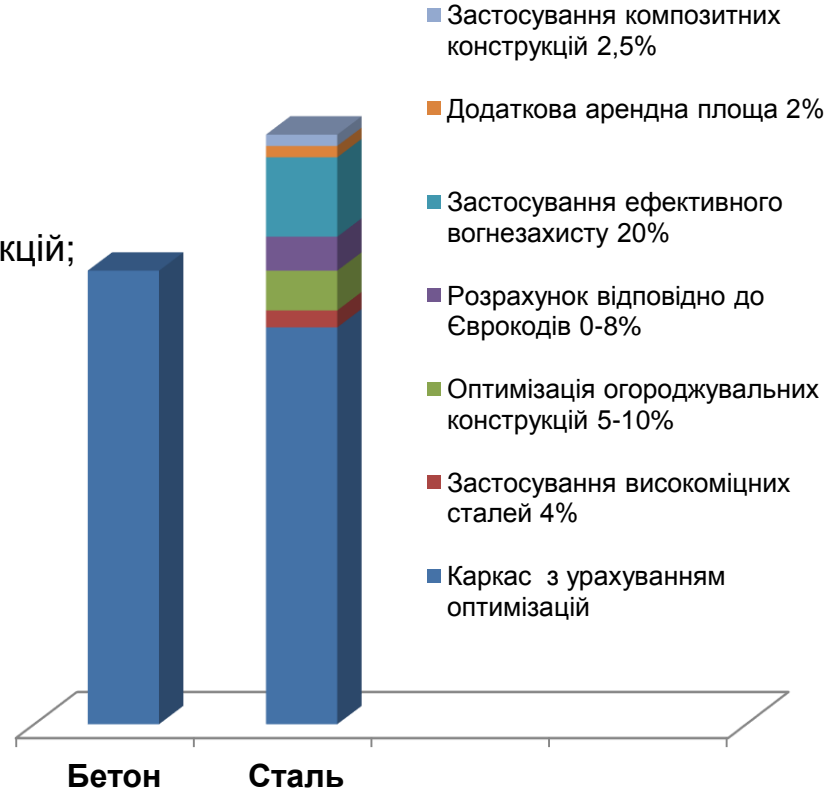
# ВИСНОВКИ

## ОСНОВНІ ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВАРТОСТІ СТАЛЕВОГО РІШЕННЯ:

- Розрахунки каркаса відповідно до Єврокодів 3;
- Застосування високоміцних марок сталі;
- Зростання застосування профілів / фасонного прокату;
- Застосування перекриттів пониженої висоти і наскрізних перерізів;
- Застосування композитних, сталезалізобетонних конструкцій;
- Розрахунок диференційованого вогнезахисту
- Конструктивний вогнезахист
- Різниця у вартості фундаментів

### Додаткова ефективність:

- Отримання додаткових площ за рахунок застосування великопрольотних рішень і менших перерізів колон
- Зменшення вартості фундаментів - мала вага каркасу
- Глибинна проробка і аналіз варіантів
- Застосування критеріїв порівняння вартості в часі



\*середні експертні дані аналогів



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**

ABILYK@uscc.ua +380507652354