

ГО “Академія будівництва України”  
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
Черкаський державний технологічний університет  
ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського»  
(м. Київ)

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка  
(м. Полтава)

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (м. Київ)

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини (м. Умань)

Гомельський інженерний інститут (м. Гомель)

Головна школа пожежної служби Республіки Польща (м. Варшава)

Кокшетауський технічний інститут (м. Кокшетау)

Варминсько-Мазурський університет (м. Ольштин)

Університет техніки та економіки ім. Хелени Ходковської (м. Варшава)

Тартуський сільськогосподарський університет (м. Тарту)

## **МАТЕРІАЛИ**

**II науково-практичної інтернет-конференції  
з міжнародною участю**

# **“Надійність та безпека об'єктів будівництва”**

**01.08.2016-31.10.2016  
м. Черкаси**

ГО “Академія будівництва України”  
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
Черкаський державний технологічний університет  
ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського»  
(м. Київ)  
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка  
(м. Полтава)  
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (м. Київ)  
Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини (м. Умань)  
Гомельський інженерний інститут (м. Гомель)  
Головна школа пожежної служби Республіки Польща (м. Варшава)  
Кокшетауський технічний інститут (м. Кокшетау)  
Вармінсько-Мазурський університет (м. Ольштин)  
Університет техніки та економіки ім. Хелени Ходковської (м. Варшава)  
Тартуський сільськогосподарський університет (м. Тарту)

**МАТЕРІАЛИ**  
**II науково-практичної інтернет-конференції**  
**з міжнародною участю**  
**“Надійність та безпека об'єктів**  
**будівництва”**

**01.08.2016-31.10.2016**  
**м. Черкаси**

## ЗМІСТ

### Секція «Методи випробувань і розрахунки вогнестійкості будівельних конструкцій»

- Шкуруній О.А., Митрофанов П.Б.* ЗАСТОСУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРИ РОЗРАХУНКАХ МІЦНОСТІ ЗІГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ 4

### Секція «Автоматизація проектування та розрахунку будівельних конструкцій»

- Дулгеров А.А., Отрош Ю.А.* ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) В ПРОДУКТІ REVIT AUTODESK STRUCTURE ДЛЯ ВИРІШЕННЯ 8

### Секція «Пожежна та техногенна безпека і цивільний захист»

- Смолік О.С., Суярко Л.В., Цина А.Ю.* ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ, БЕЗПЕКИ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ СТАДІЙ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ 9

- Ткаченко А.А.* МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ 12

- Должиков П.Н., Легостаев С.О.* АНАЛІЗ ПРИЧИН ТЕХНОГЕННИХ ПРОВАЛІВ ПОВЕРХНОСТІ ЗЕМЛІ 15

- Хлевной О.В., Горбань В.Б., Жезло Н.В.* КВЕСТИ В РЕАЛЬНОСТІ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ НАСЕЛЕННЯ ДО ДІЙ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ 18

- Качкар Є.В.* ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ГАЗОДИМОВИХ ФАКЕЛІВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ 20

- Ковальов А.І., Зобенко Н.В., Ведула С.А.* ОЦІНКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ ПОЖЕЖІ 22

### Секція «Працездатність будівельних матеріалів та конструкцій в умовах впливу на них різноманітних експлуатаційних факторів»

- Никишина И.А., Голоднов А.И.* ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЧЕНИЯХ 23

- Жарко Л.О., Голоднов О.И., Кондратюк О.В.* НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ ТОРГОВОГО КОМПЛЕКСУ 26

- Краєвський В. В.* ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ РЕЧОВИН, ЩО СПУЧУЮТЬСЯ, ДЛЯ ЗАХИСТУ НЕСУЧИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ. ІТАЛІЙСЬКА ВОГНЕЗАХИСНА РЕЧОВИНА AMOTHERM STEEL WB 29

### Секція «Забезпечення пожежної та екологічної безпеки при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій»

- Горносталь С.А., Петухова О.А.* АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ВНЕСЕННЯ УТОЧНЕНЬ ДО МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗОВНІШНЬОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ НА ВОДОВІДДАЧУ 37

- Суярко Л.В.* РІВНІ РИЗИКІВ ГАЛУЗЕЙ ЕКОНОМІКИ ТА НАЙБІЛЬШ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДЖЕРЕЛ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В УКРАЇНІ 40

### Секція «Новітні матеріали та технології в будівництві»

- Битько М.М., Бойко В.В.* НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ – 3D-ПАНЕЛІ 42

- Должиков П. Н., Семирягин С. В., Збицкая В. В.* СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МЕТОДАМИ ТАМПОНАЖА 45

## Шановні учасники конференції!

Черкаське територіальне відділення Академії Будівництва України щиро вітає Вас на 2-й науково-практичній інтернет-конференції з міжнародною участю “Надійність та безпека об'єктів будівництва”.

Будівельна галузь є однією з найважливіших галузей господарства будь-якої держави, від якої залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання в країні. Важливість цієї галузі для економіки будь-якої країни не можна переоцінити. Капітальне будівництво, напевне, як ніяка інша галузь економіки, створює велику кількість робочих місць і споживає продукцію багатьох галузей народного господарства. Економічний ефект від розвитку цієї галузі полягає у мультиплікаційному ефекті коштів, вкладених у будівництво. Адже з розвитком будівельної галузі будуть розвиватися: виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробна і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо. І, вочевидь, як ніяка інша галузь економіки, будівництво сприяє розвитку підприємств малого бізнесу, особливо того, який спеціалізується на оздоблювальних і ремонтних роботах, на виробництві та встановленні вбудованих меблів і т. ін.

Але на сучасному етапі її розвитку говорити про будь-яку конкурентоспроможність цієї галузі не представляється можливим. На глобальному рівні будівельна галузь України програє через брак необхідних фінансових та організаційних перетворень.

Сподіваємося, що об'єднання наших зусиль задля популяризації технічних рішень, які можуть забезпечити якісний ріст будівельної галузі при порівняно незначних витратах стане поштовхом до якісних змін в галузі.

Проведення конференції у такому форматі сприяє зростанню якості підготовки кваліфікованих фахівців, розширює їхні професійні можливості задля забезпечення соціально-економічного розвитку підприємств.

Ми завжди відкриті для нових ідей та співробітництва.

Проведення наступної конференції заплановано на весну 2017 року. Сподіваємось на продовження співпраці.

До зустрічі, друзі, колеги, однодумці.

З повагою,

голова організаційного комітету конференції

Ступак Денис Олегович

## Методи випробувань і розрахунки вогнестійкості будівельних конструкцій



УДК 624.012.45.001

Шкурूपій О.А., кандидат технічних наук, професор  
Митрофанов П.Б., кандидат технічних наук, доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

### ЗАСТОСУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРИ РОЗРАХУНКАХ МІЦНОСТІ ЗІГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ

**Анотація.** Стаття присвячена розрахунку міцності зігнутих залізобетонних елементів (ЗБЕ) із високоміцних бетонів, а також визначенню граничної деформації бетону стиснутої зони ( $\varepsilon_{cu}$ ) на основі деформаційних моделей (ДМ) ЗБЕ Єврокоду-2 та ДМ з екстремальним критерієм міцності (ЕКМ), що пропонується авторами. Показані переваги ДМ з ЕКМ, яка дозволяє виконувати розрахунки міцності зігнутих і стиснутих ЗБЕ, аналітично визначати величини  $\varepsilon_{cu}$  та інші характеристики нормального перерізу ЗБЕ в граничному стані. Доведено, що для ЗБЕ виготовлених із бетонів низької та середньої міцності не можна приймати величину  $\varepsilon_{cu}$  постійною і рівною 3,5 ‰ і зменшувати її значення від 3,5 до 2,8 ‰ для високоміцних бетонів так, як це пропонується в Єврокод-2. Це не узгоджується з експериментами та розрахунками за ДМ з ЕКМ.

**Аннотация.** Статья посвящена расчету прочности изогнутых железобетонных элементов (ЖБЭ) из высокопрочных бетонов, а также определению предельной деформации сжатого бетона ( $\varepsilon_{cu}$ ) на основе деформационных моделей (ДМ) ЖБЭ Еврокода-2 и ДМ с экстремальным критерием прочности (ЕКП). Показаны преимущества ДМ с ЕКП, которая позволяет выполнять расчеты прочности изогнутых и сжатых ЖБЭ, аналитически определять величины  $\varepsilon_{cu}$  и другие характеристики нормального сечения ЖБЭ в предельном состоянии. Доказано, что для ЖБЭ изготовленных из бетонов низкой и средней прочности нельзя принимать величину  $\varepsilon_{cu}$  постоянной и равной 3,5 ‰ и уменьшать ее значение от 3,5 до 2,8 ‰ для высокопрочных бетонов так, как это предлагается в Еврокоде-2. Это не согласовывается с экспериментами и расчетами по ДМ с ЕКП.

**Ключевые слова:** Железобетонный элемент, предельная деформация бетона, деформационная модель, критерий прочности.

**The summary.** The article is devoted calculation of durability of the bent reinforced concrete elements (RCE) from high strength concrete, and also to definition ultimate deformation of the compressed concrete ( $\varepsilon_{cu}$ ) on the basis of deformation models (DM) RCE of Eurocode-2 and DM with extreme strength criterion (ESC). Advantages of DM with ESC which allows to carry out calculations of durability bent and compressed RCE are shown, analytically to define value  $\varepsilon_{cu}$  and other characteristics of normal section RCE in a limiting condition. It has been proved that for reinforced concrete elements made from the concrete of low and medium strength it is impossible to take value  $\varepsilon_{cu}$  as permanent and equal to 3,5 ‰ and to decrease its value from 3,5 to 2,8 ‰ for high strength concrete as it is offered in Eurocode-2. It does not agree with the experiments and calculations according to DM with ESC.

**Keywords:** Reinforced concrete element, ultimate deformation of concrete, deformation model, strength criterion.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Зараз у країнах колишнього СРСР проходить процес гармонізації нормативних документів для проектування бетонних і залізобетонних конструкцій та їх елементів з євронормами [1] (Єврокодом-2), в якому враховуються класи міцності бетону в діапазоні від C 12/15 до C 90/105. В діючих на Україні нормах і правилах для проектування залізобетонних конструкцій із важких й дрібнозернистих бетонів враховуються лише класи міцності бетонів в діапазоні від C 3,5 до C 60. У співставленні з [1] це відповідає класам міцності бетонів до C 50/60. В Єврокод-2 класи міцності бетонів сягають межі C 90/105. В діючих нормах і правилах [6] відсутні рекомендації щодо розрахунку міцності ЗБЕ із високоміцних бетонів, а також визначення їх фізико-механічних характеристик, тому необхідна розробка методики розрахунку таких ЗБЕ.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Застосування ДМ в теорії залізобетону є відповідним кроком уперед, оскільки вона використовує

повний набір рівнянь механіки деформівного твердого тіла (МДТТ): фізичні для бетону й арматури, геометричні та рівняння рівноваги. В результаті ДМ дозволяє точніше знаходити межу переармування, міцність переармованих ЗБЕ, враховувати характер повних діаграм роботи бетону й арматури та інші характеристики. Серед ДМ, що існують на цей час, необхідно відмітити ДМ з ЕКМ [2, 3], яка має суттєві переваги над існуючими ДМ і дає можливість розраховувати міцність ЗБЕ в нормальному перерізі та отримувати фізико-механічні характеристики при застосуванні широкого спектру класів бетону (від  $C 3,5$  до  $C 120$  і більше) [4]. Існуючі ДМ, окрім ДМ з ЕКМ, потребують експериментального визначення граничної деформації стиснутого бетону  $\varepsilon_{cu}$ . Для розрахунку міцності нормальних перерізів ЗБЕ необхідна додаткова умова міцності перерізу. Такою умовою може бути умова міцності по бетону

$$\varepsilon_{cm} \leq \varepsilon_{cu} \quad (1)$$

та умова міцності по арматурі

$$\varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}, \quad (2)$$

в яких відповідно  $\varepsilon_{cm}$ ,  $\varepsilon_s$  – деформації найбільш стиснутого волокна бетону та розтягнутої арматури ЗБЕ, що виникають від зовнішнього навантаження,  $\varepsilon_{cu}$ ,  $\varepsilon_{su}$  – граничні деформації найбільш стиснутого волокна бетону й розтягнутої арматури. Тому розробка методики розрахунку міцності стиснутих і зігнутих ЗБЕ із високоміцних бетонів та визначення їх фізико-механічних характеристик є актуальною задачею.

**Метою роботи** є теоретичне дослідження міцності зігнутих ЗБЕ у нормальному перерізі з високоміцних бетонів, а також визначення  $\varepsilon_{cu}$  на основі ДМ з ЕКМ із урахуванням впливу процента армування при одиночному та подвійному армуванні, класу міцності бетону, і порівняння отриманих результатів з аналогічними значеннями  $\varepsilon_{cu}$ , які прийняті за основу в [1].

**Виклад основного матеріалу.** Згідно з багатьма експериментами, наприклад [5], умова (2) частіше порушується в слабоармованих елементах із високоміцною напруженою дротовою й канатною арматурою. Тому виконання умови (2) можна забезпечити шляхом призначення кількості розтягнутої арматури не нижче відповідного мінімуму  $\mu_{\min} \geq 0,25 - 0,27 \%$ , при якому вже проходить руйнування з роздавлюванням бетону стиснутої зони ЗБЕ, і тоді основне значення матиме умова (1).

Залежно від того, як визначаються величини  $\varepsilon_{cu}$  в умові (1), можуть бути ДМ досить різної точності. Так, у ДМ Єврокоду-2 величини  $\varepsilon_{cu}$  визначались шляхом вимірювання деформацій  $\varepsilon_{cm}$  стиснутої грані в стадії руйнування дослідних залізобетонних балок і позацентрично стиснутих колон. На основі вказаних вимірів у [1] прийнято для бетонів низької та середньої міцності ( $C 12/15 \dots C 50/60$  МПа)  $\varepsilon_{cu} = const = 3,5 \%$ , а для високоміцних бетонів ( $C 55/67 \dots C 90/105$  МПа)  $\varepsilon_{cu} = 3,2 \dots 2,8 \%$ .

Результатом перерозподілу напружень  $\sigma_b$  в стиснутій зоні бетону ЗБЕ в граничній стадії є екстремальний критерій міцності нормального перерізу ЗБЕ [3]

$$F(\varepsilon_{cu}) = \max F(\varepsilon_{cm}), \quad (3)$$

що виражає досягнення строгого максимуму зусиллям  $F$  (М або N) перерізу як функцією деформації  $\varepsilon_{cm}$  стиснутої грані бетону ЗБЕ (рис. 1, з). Строгий максимум залежності „зусилля перерізу – деформація”, очевидно, може бути тільки при проявленні в стиснутій зоні ЗБЕ строгого максимуму і наявності низхідної гілки фізичного закону стиснутого бетону  $\sigma_c - \varepsilon_c$  (рис. 1, в).

При заміні в ДМ критерію (1) на критерій (3) утворюється нова, більш довершена ДМ з ЕКМ, для якої не потрібно експериментально визначати  $\varepsilon_{cu}$ , тому що остання обчислюється із сукупності рівнянь МДТТ і критерію (3) як одна з невідомих величин задачі міцності нормального перерізу [3]. При цьому в якості фізичної залежності бетону використовується формула (2) [3], що також прийнята в [1]. Вона порівняно проста та краще за інші відображає окреслення кривих  $\sigma_c - \varepsilon_c$  для бетонів різної міцності на інтервалі  $C = 15 \dots 105$  МПа. У ДМ з ЕКМ гранична деформація  $\varepsilon_{cu}$  виявляється залежною не тільки від параметрів  $E_c$ ,  $R_c$ ,  $\varepsilon_R$  бетону, але й характеру НДС ЗБЕ, кількості арматури  $A_s$  та  $A_s'$ , форми перерізу, характеру діаграми арматури, попереднього напруження й інших факторів. Тому  $\varepsilon_{cu}$  взагалі не є критерійною величиною, яка визначає стан руйнування тільки бетону, а є одним із параметрів граничного стану нормального перерізу ЗБЕ і вона не може бути константою, так як це прийнято в [1].

На рис. 2, 3 показані, відповідно, криві залежностей міцності зігнутих ЗБЕ та деформації  $\varepsilon_{cu}$  від класу міцності бетону  $C$ , одержані за ДМ з ЕКМ для різних напружено-деформованих станів ЗБЕ, при різній кількості арматури в розтягнутій та стиснутій зонах нормального перерізу (криві 1-4), а також крива 5, яка відповідає рекомендаціям [1] (рис. 3). Обчислення за ДМ з ЕКМ наведених на графіках залежностей, виконані для ЗБЕ прямокутного перерізу з арматурою класу А400С без попереднього напруження.

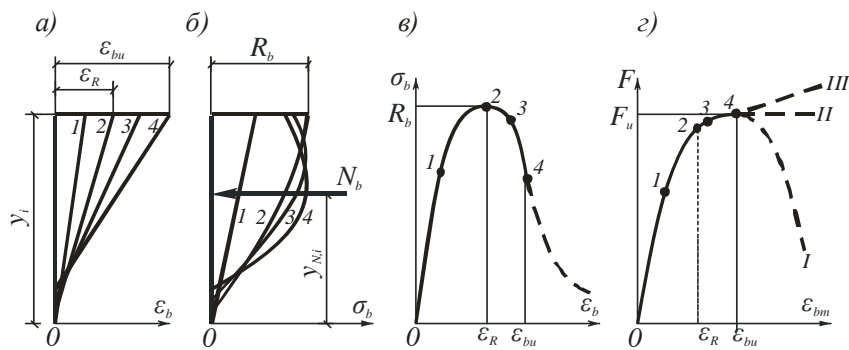


Рисунок 1 – Дограничні (1,2,3) і граничні (4) стани розвитку деформацій (а) та напружень (б) у стиснутій зоні бетону ЗБЕ. Відповідність станів 1, 2, 3, 4 на діаграмі стиснення бетону (в) і кривій „зусилля в перерізі – деформація стиснутої грані бетону”. Пунктирні лінії I, II, III характеризують відповідно псевдопластичні, пластичні й пластичні тіла, що зміцнюються

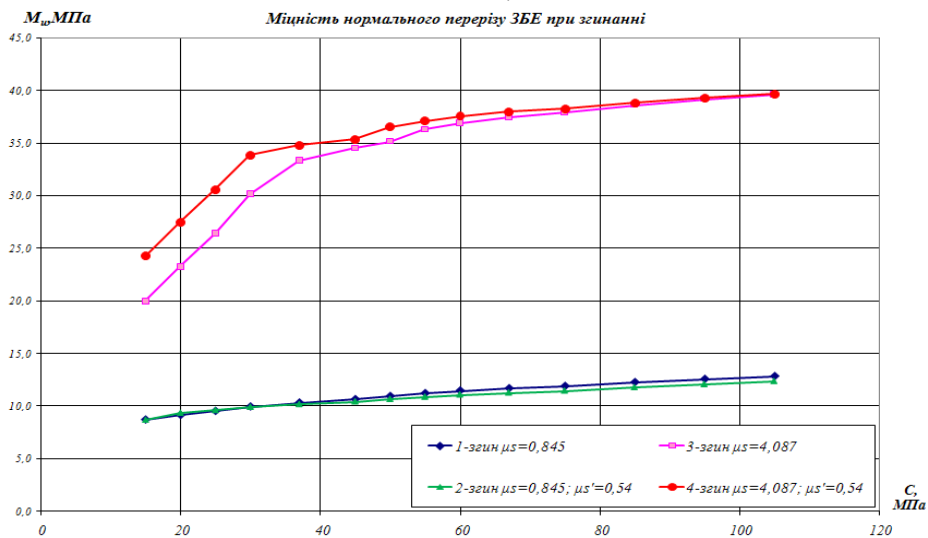


Рисунок 2 – Міцність нормального перерізу ЗБЕ при згині,  $\mu_s = \mu'_s$  (%):

7 –  $\mu_s = 0,845, \mu'_s = 0$ ; 8 –  $\mu_s = 4,087, \mu'_s = 0$ ; 9 –  $\mu_s = 0,845, \mu'_s = 0,54$ ; 10 –  $\mu_s = 4,087, \mu'_s = 0,54$

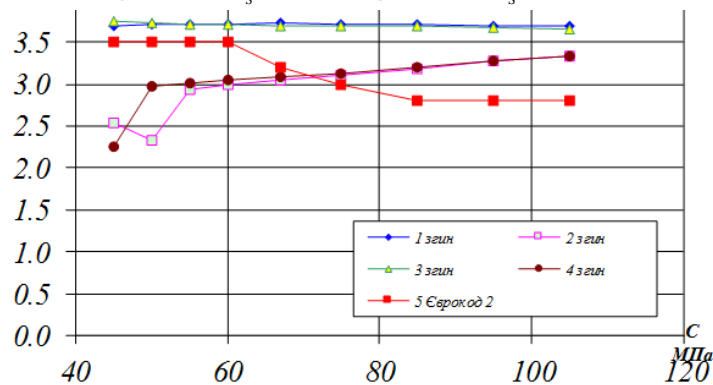


Рисунок 3 – Залежність граничної деформації  $\varepsilon_{cu}$  від класу бетону за ДМ з ЕКМ при  $\mu_s = \mu'_s$  (в %):

1 –  $\mu_s = 0,845, \mu'_s = 0$ ; 2 –  $\mu_s = 4,087, \mu'_s = 0$ ; 3 –  $\mu_s = 0,845, \mu'_s = 0,54$ ; 4 –  $\mu_s = 4,087, \mu'_s = 0,54$

Криві  $C - \varepsilon_{cu}$  за ДМ з ЕКМ (рис.3) утворюють пучок, що звужується від  $\varepsilon_{cu} \approx 2,25...3,75$  % для бетонів середньої міцності до  $\varepsilon_{cu} \approx 2,9...3,7$  % для бетонів високої міцності. При цьому виявляється закономірне взаємне розташування кривих. Так, нижні криві відповідають переармованим елементам, як з одиночним так і подвійним армуванням, а верхні – згину при порівняно невеликому проценті розтягнутої арматури  $\mu_s$ . Верхні криві розташовуються приблизно на постійному рівні з  $\varepsilon_{cu} \approx 3,7$  %, близькому до прийнятого в [1] постійного значення  $\varepsilon_{cu} = 3,5$  % для бетонів низької та середньої міцності. Але за ДМ з ЕКМ рівень  $\varepsilon_{cu} \approx 3,7$  % зберігається і для бетонів високої міцності аж до  $C = 105$  МПа, для якого в [1]  $\varepsilon_{cu} \approx 2,8$  %. Проте у випробуваннях балок із циліндричною міцністю бетону  $f_{cm} = 97,9...108,3$  МПа, арматурою з фізичною межею

тежучості  $\sigma_{sy} = 430,9 \text{ МПа}$  і параметром  $\xi = y/h = 0,282$  одержано  $\varepsilon_{cu} = 3,21 \dots 3,74 \%$  [6], тобто експериментальні дані підтверджують розрахунок  $\varepsilon_{cu}$  за ДМ з ЕКМ краще, ніж [1].

З рисунку 3 видно, що крива  $C - \varepsilon_{cu}$  у відповідності з [1] розташовується в "коридорі", обмеженому кривими ДМ з ЕКМ, але для високоміцних бетонів вона поступово знижується до значень кривих переармованих ЗБЕ із високоміцних бетонів, як з одиночним так і подвійним армуванням. Зниження граничних деформацій зігнутих ЗБЕ із високоміцних бетонів у євроноормах [1] обумовлене підвищеною їх крихкістю і напевне прийняте з метою забезпечення надійності ЗБЕ.

#### Висновки

1. Стани бетонної призми на низхідній гілці діаграми стиснення  $\sigma_c - \varepsilon_c$  являють собою стани наростаючого руйнування, які є стійкими тільки при жорсткому режимі навантаження. Недостатня жорсткість навантажувальної установки може викликати залежно від ступеня її жорсткості нестійке деформування («момент руйнування») в будь-якій точці низхідної гілки діаграми стиснення бетону. Тому деформація  $\varepsilon_{cu}$ , що відповідає «моменту руйнування» призми, не є критеріальною характеристикою міцності бетону як матеріалу.

2. Гранична деформація  $\varepsilon_{cu}$  стиснутого волокна бетону ЗБЕ визначається перерозподілом напружень на висоті неоднорідно напруженої стиснутої зони нормального перерізу в граничному стані. Такий перерозподіл напружень неможливий у центральній стисненій бетонній призмі, і тому вони не можуть використовуватись для визначення  $\varepsilon_{cu}$ .

3. ЕКМ відображає в граничному стані характерну властивість псевдопластичних матеріалів типу бетону, гірських порід і їм подібних – прояв строгого максимуму і низхідної гілки діаграми стиснення. ДМ з ЕКМ точніша порівняно з іншими відомими ДМ. Наприклад, тільки вона забезпечує перехід  $\varepsilon_{cu} \rightarrow \varepsilon_R$  при зміні ексцентриситету подовжньої стискуючої сили  $e_0 \rightarrow 0$ .

4. Прийняте в євроноормах [1] постійне значення  $\varepsilon_{cu} \approx 3,5 \%$  для бетонів низької та середньої міцності є завищеним для зігнутих переармованих ЗБЕ, як з одиночним так і подвійним армуванням, а також стиснутих ЗБЕ з різними процентами армування. Урахування підвищеної крихкості в зоні високоміцних бетонів фізично було б більш обґрунтоване введенням у розрахунки підвищених коефіцієнтів надійності або знижених коефіцієнтів умов роботи, а не так, як у Єврокод-2, – зниженням граничної деформації  $\varepsilon_{cu}$ , що не узгоджується з експериментами та розрахунками за ДМ з ЕКМ.

5. На граничну деформацію  $\varepsilon_{cu}$ , як зігнутих так і стиснутих ЗБЕ впливає багато факторів, які необхідно враховувати в розрахунках їх міцності. Як показують розрахунки за ДМ з ЕКМ,  $\varepsilon_{cu}$  суттєво змінює свої значення при зміні класу бетону, характеру та процента армування, класу арматурної сталі, зміні форми поперечного перерізу ЗБЕ, характеру завантаження тощо. Тому прийняття постійною величиною  $\varepsilon_{cu} \approx 3,5 \%$  призводить до неточностей в розрахунках міцності, особливо для переармованих ЗБЕ.

#### Література:

1. EN 1992-1-1:2004:Е. Єврокод 2: Проектування бетонних конструкцій / CEN-2004.
2. Митрофанов В.П. Практическое применение деформационной модели с экстремальным критерием прочности железобетонных элементов / В.П. Митрофанов // Коммунальное хозяйство городов. Серия: архитектура и технические науки. Вып. 60. – К.: Техника. 2004. – С. 29–48.
3. Митрофанов В.П. Алгоритмы решения задач прочности нормальных сечений железобетонных элементов на основе экстремальных критериев / В.П. Митрофанов, П.Б. Митрофанов // Науковий вісник будівництва.– Вип. 69.– Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2012. – С. 137 – 149.
4. Шкурупій О.А. Граничний напружено-деформований стан і міцність стиснутих залізобетонних елементів / О.А. Шкурупій, П.Б. Митрофанов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2013. – Вип. 25. – С. 480 – 487.
5. Weiss W.J. An Experimental Investigation to Determine the Influence of Size on the Flexural Behavior of High Strength Reinforced Concrete Beams / W.J. Weiss, K. Guler, S.P. Shah // 5-th Int. Symp. on Utilization of HS/HP Concrete. 20-24 June 1999, Sandefjord, Norway. – Proceedings, Vol. 2. – pp. 709–718.
6. СНиП 2.03.01–84\*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.– 79 с.



# Автоматизація проектування та розрахунку будівельних конструкцій



Дулгеров А.А.

Отрош Ю.А., кандидат технічних наук, доцент

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

## ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) В ПРОДУКТІ REVIT AUTODESK STRUCTURE ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ДСНС

**Актуальність.** Технологія проектування базується на єдиній Інформаційній Моделі Будівлі – Building Information Model (BIM).

Створену модель в Autodesk Revit Structure можливо передати в Autodesk Robot Structural Analysis (RSA) для статичного розрахунку конструкції, армування конструкцій, сейсмічного розрахунку для вирішення проблем цивільного захисту. Також є можливість передати створену модель до програми CFD (Computational Fluid Dynamics) або до Autodesk Simulator CFD 2015, для розрахунку вітрового навантаження, яке створює надзвичайну ситуацію. Досліджено проблематику передачі моделей із Revit до ANSYS для розрахунку вогнестійкості спроектованої будівлі методом МКЕ.

Головною перевагою для співробітників Державної служби України з питань надзвичайних ситуацій, є саме можливість дослідити вогнестійкість будівлі та рівень сейсмічної стійкості будівлі ще на етапі її проектування. На основі достовірних розрахунків можемо зробити висновки про ступінь ризику будівлі.

**Метою дослідження** є створення методики побудови моделі будівлі в програмному забезпеченні Autodesk Revit Structure для подальшого розв'язку питань міцнісного розрахунку, розрахунку вогнестійкості та сейсмічності.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- досліджені можливості програмного забезпечення Autodesk Revit Structure та зв'язок з іншим програмним забезпеченням таким як Autodesk Robot Structural Analysis, CFD (Computational Fluid Dynamics), ANSYS;
- визначені завдання пожежної та техногенної безпеки, які можуть бути вирішені за допомогою програмного забезпечення Autodesk Revit Structure;
- розроблена узагальнена методика побудови моделі будівлі в програмному забезпеченні Autodesk Revit Structure.

## Пожежна та техногенна безпека і цивільний захист



Смолік Ольга Сергіївна  
Суярко Людмила Вікторівна  
Цина Андрій Юрійович, *доктор педагогічних наук, професор*

*Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка*

### ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ, БЕЗПЕКИ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ СТАДІЙ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Аналіз надійності небезпечних об'єктів потребує систематизованого дослідження впливу на надійність особливостей їх будови, технологічних процесів виробництв, умов експлуатації (в тому числі зберігання, технічного обслуговування та ремонту), несправностей, а також визначення досягнутого рівня надійності за результатами вжитих заходів, оцінки їх ефективності.

Основним документом комплексного вирішення завдань забезпечення надійності з урахуванням необхідності координації діяльності замовників, розробників, виробників та експлуатаційників на всіх стадіях життєвого циклу об'єктів ДСТУ 2863-94 визначає програму забезпечення надійності, якою встановлюються:

- перелік конкретних заходів щодо забезпечення надійності об'єктів із зазначенням етапів і видів робіт на відповідній стадії життєвого циклу;
- відповідальний виконавець, виконавці та терміни виконання кожного заходу;
- нормативні та методичні документи, які потрібно використовувати під час виконання зазначених заходів;
- звітні документи, що відображають результати виконання заходів;
- контрольні етапи, після завершення яких проводять оцінку досягнутого рівня надійності об'єкта та уточнюють заходи щодо подальшої реалізації програми забезпечення надійності;
- порядок контролю реалізації та коригування програми забезпечення надійності [2].

Загальне керівництво та контроль за виконанням програми забезпечення надійності, що охоплює всі стадії життєвого циклу, забезпечує головний розробник об'єкта, який відповідає за його поставку та виробництво. В свою чергу споживач повинен брати участь в розробці програми забезпечення надійності постачальника, надаючи йому інформацію, необхідну для визначення умов забезпечення експлуатації та підтримання технічного стану. Сам же споживач має передбачити всі необхідні заходи щодо гарантування відповідності умов експлуатації об'єкта, обумовлених постачальником.

Для об'єктів підвищеної небезпеки повинні встановлюватися особливі режими контролю на всіх стадіях їхнього життєвого циклу. З метою оцінювання ефективності реалізації програми забезпечення надійності небезпечного об'єкта, на початку і в кінці кожної стадії його життєвого циклу стандартом ДСТУ 2863-94 встановлюються контрольні точки, на яких аналізуються відхилення якісних і кількісних параметрів об'єкта від проектних значень за техніко-економічними критеріями. Обстеження потенційно-небезпечних об'єктів за контрольними точками є найважливішою частиною комплексу робіт по оцінюванню технічного стану та стану безпеки об'єкта в цілому. Для підвищення ефективності оцінювання стандартами передбачені вимоги щодо надання (виділення) необхідних даних у проектній документації щодо об'єкта, його конструкції, умов експлуатації та утилізації, які можуть бути використані як необхідна вхідна інформація для контролю. Точність оцінювання даних впливає на надійність та безпечність життєвого циклу об'єкта. Проведений аналіз дає змогу виробляти відповідні рішення за критерієм «ефект-витрати», збалансувавши витрати на проектування об'єкта з витратами на його виробництво, експлуатацію та утилізацію, щоб загальна сума витрат не перевищувала задану при забезпеченні найкращих характеристик об'єкта.

На стадії проектування контролю підлягають основні обмеження та технічні, економічні і організаційні рішення, в рамках яких повинен надалі розроблятися проектований об'єкт, накладаючи на нього деякі вимоги та обмеження з безпеки.

На стадії виробництва контролю підлягає його здатність забезпечити промисловий випуск продукції відповідно до вимог науково-технічної документації та споживачів шляхом проведення приймально-здавальних та кваліфікаційних випробувань зразків об'єктів.

Стадію експлуатації ГОСТ 25866-83 «Эксплуатация техники. Термины и определения» визначає як складову життєвого циклу виробу, впродовж якої реалізується, підтримується та відновлюється його якість [1]. Відмінною особливістю експлуатації є використання або очікування використання виробу за призначенням. Експлуатація виробу складається з таких фаз: використання за призначенням, транспортування, зберігання, технічне обслуговування та ремонт. Тривалість стадії експлуатації об'єктів тривалого користування або стадії споживання (для сировини, палива і ін.) замовником визначається фізичним і моральним терміном старіння об'єктів за заданими на стадії проектування показниками надійності. Фізична зношеність обумовлюється

втратаю об'єктом, а також окремими його конструктивними елементами первинно заданих техніко-експлуатаційних показників (міцності, стійкості, надійності, вогнестійкості та ін..) внаслідок дії природо-кліматичних, технологічних впливів та життєдіяльності людини. Крім фізичної відбувається моральна зношеність об'єктів – їхня невідповідність існуючим на момент оцінювання нормативним конструктивно-технічним, технологічним, екологічним, санітарно-гігієнічним та іншим вимогам [4, 31].

На стадії утилізації здійснюється переробка небезпечного об'єкту та продуктів попередніх стадій його життєвого циклу одним із трьох способів: захоронення на сміттєзвалищах; спалювання з отриманням теплової або електричної енергії; вторинна переробка. Пріоритетними способами утилізації над захороненням є спалювання та вторинна переробка відходів життєвого циклу потенційно-небезпечних об'єктів. Кошти на здійснення стадії утилізації можна поступово акумулювати впродовж експлуатації потенційно-небезпечного об'єкта у вигляді екологічного податку за утилізацію виведених з експлуатації об'єктів та вдосконаленням деяких податкових норм [3].

У питаннях організації контролю надійності, безпеки та експлуатаційної придатності небезпечних об'єктів проектом стандарту ДСТУ-Н Б В.3.1-XX:201X запропонована наступна система етапів контролю: підготовка до проведення оцінювання, попереднє оцінювання, основне (детальне) оцінювання, додаткове оцінювання, спеціальні оцінювання [5]. обов'язковими етапами є підготовка до проведення контрольних оцінювань та основне (детальне) оцінювання. Інші етапи виконують за виявленої потреби у їх проведенні. Попереднє, додаткове та спеціальне оцінювання необхідно встановлювати для об'єктів підвищеної безпеки.

Необхідно відмітити, що ряд відомих проблем в стандартизації стадій життєвого циклу небезпечних об'єктів України виникають внаслідок введення в дію нових нормативних документів, які в той чи інший спосіб підвищують вимоги до потенційно-небезпечних об'єктів, їх розрахунку, конструктивних та планувальних рішень тощо. При цьому не до кінця вирішеними залишаються питання невідповідності даним вимогам вже існуючих об'єктів, запроектованих та виготовлених за минулими нормами. В даному напрямку сучасним проектом ДСТУ-Н Б В.3.1-XX:201X запропонований ряд положень, які створюють можливості щодо віднесення таких об'єктів та їх конструкцій до категорій технічного стану "1" або "2".

Аналіз досвіду та нормативних документів дозволяє зробити висновок про незначну розповсюдженість в Україні використання для оцінки технічного стану конструкцій об'єктів динамічних випробувань. Відомо, що динамічні характеристики є чутливим до послаблення (посилення) конструкцій і вузлів через зміну їх жорсткості та інших параметрів. Їх вимірювання дозволяє в залежності від детальності випробувань інтегрально оцінювати стан конструкцій об'єктів та його зміни, виявляти ділянки зниження їх міцності, надійності та розвитку пошкоджень, зміну вологості матеріалу тощо [6; 7]. Враховуючи наведене, в проектах ДСТУ стадій життєвого циклу небезпечних об'єктів в розділі щодо діагностики конструкцій об'єктів має бути присутній пункт, в якому слід рекомендувати відповідне використання динамічних випробувань існуючих об'єктів.

Щодо розрахунку існуючих об'єктів в цілому стандартизацією стадій життєвого циклу небезпечних об'єктів зазначена необхідність їх розрахунку згідно з діючими галузевими нормами. В той же час дозволяється в обґрунтованих випадках для попередніх оцінок стану конструкцій обстежуваних об'єктів (а в обстеженнях в контрольних точках часто проводяться саме попередні оціночні розрахунки на відміну від проектування) застосування методів розрахунку, спрощених порівняно з вимогами діючих норм.

В оновлюваних державних галузевих нормах по технічному обстеженню об'єктів визначаються категорії технічного стану окремих елементів їх конструкцій: I – нормальний; II – задовільний; III – непридатний для нормальної експлуатації; IV – аварійний стан. У таблиці 1 наведена запропонована нами орієнтовна шкала оцінювання зношеності елементів об'єктів згідно проекту ДБН В.3.1-XX:20XX [4].

Таблиця 1

**Орієнтовна шкала оцінювання зношеності елементів конструкції об'єктів**

Фізична зношеність, %	Оцінка технічного стану	Загальна характеристика технічного стану
0-20	Нормальний	Відсутність ушкоджень та деформацій. Наявні окремі несправності, які не впливають на експлуатацію елемента і можуть бути усунені шляхом ремонту.
21-50	Задовільний	Елементи конструкції в цілому є придатними для безпечної експлуатації, але потребують поточного ремонту.
51-80	Непридатний до нормальної експлуатації	Експлуатація елементів конструкції можлива лише після проведення капітального ремонту.
81-100	Аварійний	Стан конструктивних елементів аварійний. Обмежене виконання конструктивними елементами об'єкта своїх функцій є можливим за умов проведення охоронних заходів або повної заміни ушкоджених елементів

Аналізуючи механізм державної стандартизації стадій життєвого циклу небезпечних об'єктів, можна зробити висновок, що з уведенням в дію нових розроблених нормативних документів із стандартизації буде вирішено ряд проблем, в першу чергу, пов'язаних з відсутністю загальних спеціалізованих галузевих норм, які б регламентували питання контролю об'єктів підвищеної небезпеки в цілому. Для подальшого розвитку системи нормативних документів в області оцінки технічного стану об'єктів підвищеної небезпеки та їх частин необхідно здійснювати розробку нових ДСТУ з їх обстеження, дослідження аспектів їх експлуатації, утилізації та взаємодії з оточуючим середовищем, а також приведення діючих нормативних документів, в яких розглядаються питання обстеження, у відповідність до нових ДСТУ. Оновлення державних стандартів з регламентації стадій життєвого циклу небезпечних об'єктів повинно покращити та систематизувати роботу проєктантів, виробників, експлуатаційників та тих, хто займається утилізацією цих об'єктів з метою недопущення на них аварійних станів та НС.

#### Література

1. ГОСТ 25866-83 «Эксплуатация техники. Термины и определения» : [электронный ресурс]. - Режим доступа:  
[http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_25866-83](http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_25866-83)
2. ДСТУ 2863-94 «Надійність техніки. Програма забезпечення надійності» : [електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[http://dnaop.com/html/43857/doc-ДСТУ\\_2863-94/](http://dnaop.com/html/43857/doc-ДСТУ_2863-94/)
3. Закон України «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо сплати екологічного податку за утилізацію знятих з експлуатації транспортних засобів та вдосконалення деяких податкових норм» від 04.07.2013 р. № 422-VII від 04.07.2013 р. : [електронний ресурс]. - Режим доступу:  
<http://law.dt-kt.com/?p=1966>
4. Костыра Н., Малышев О. Новое в законодательстве по безопасной эксплуатации зданий / Н. Костыра, О. Малышев // Охрана труда. – 2015. - № 5. – С.30-31.
5. Проект ДСТУ-Н Б В.3.1-XX:201X «Обстеження та паспортизація технічного стану будівель і споруд» : [електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<http://vknadveri.com/ru/readnews/n3728.html>  
[http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/KR140037.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR140037.html)
6. Савин С.Н. Результаты динамического мониторинга конструкций большого пролета из сборного железобетона / С.Н. Савин, И.В. Ситников // Будівельні конструкції. – К. : НДІБК, 2011. – Вип. 74. – Книга 2. – С. 424-432.
7. Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд: [навчальний посібник] / [О.М. Малишев, В.Д. Віроцький, О.О. Нілов та ін.]; Під заг. ред. О.М. Малишева і ДП «Головний навчально-методичний центр». – К.: ДП «Головний навчально-методичний центр», 2007. – 708 с.

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ

За класичним визначенням, ризик – це можливість чи вірогідність спричинення фактором негативного впливу нещасного випадку, який інколи називають небезпекою захворювання чи загибелі працівника. Основним елементом процедури аналізу ризику є його оцінка. Науковим підґрунтям представленої у статті розробки стала існуюча методологія аналізу ризику, яка широко застосовується у світовій практиці при оцінці небезпек. Сучасний аналіз ризиків передбачає визначення несприятливих наслідків дій небезпеки на об'єкти впливу, ймовірності наслідків для попередження розвитку несприятливих ефектів та обґрунтування управлінських рішень щодо зменшення рівнів ризику. Процедура системного аналізу ризику припускає здійснення взаємозв'язаних етапів та має п'ять її найважливіших складових (п'ять етапів): ідентифікація небезпек, оцінка ризику впливу, характеристика ризику, управління ризиком та інформування про ризик.

1) **Ідентифікація небезпек** є початковим етапом процедури оцінки ризику та передбачає встановлення спроможності чинника небезпеки викликати несприятливі ефекти або наслідки у об'єктів негативного впливу. Головною задачею цього етапу є вибір найбільш уразливих об'єктів, а також пріоритетних шкідливих та небезпечних чинників, які є необхідними та достатніми для характеристики рівня ризику та джерел його виникнення. Також на цьому етапі здійснюється оцінка повноти та достовірності існуючих даних, визначаються задачі щодо збору інформації, аналізується наявність відомостей про кількісні показники чинників впливу небезпек (наприклад, концентрації, дози, безпечні рівні, інтенсивність ураження тощо), визначаються пріоритети. Вихідні дані, які отримано на етапі ідентифікації небезпек, використовуються в подальшому для оцінки ризику впливів шкідливих та небезпечних чинників.

2) На другому етапі **процедури оцінки ризику** – оцінки ризику впливів – встановлюються причинні зв'язки між впливом потенційно небезпечного чинника і розвитком несприятливих ефектів та наслідків у об'єкта впливу, а також виконується кількісна оцінка їхнього ризику у вигляді ймовірності виникнення.

Оцінка ризику впливів проводиться з метою кількісних розрахунків впливів на об'єкти живої природи при реалізації небезпек. Етап оцінки ризику впливів є важливим розрахунковим етапом усієї процедури оцінки екологічних ризиків.

При розробці проблем техногенного ризику значна увага приділяється системному підходу до вивчення всіляких чинників, що впливають на порівняння ризику. Оцінка ризику охоплює аналіз частоти, аналіз наслідків та їх поєднання. Визначено 4 методологічні підходи до оцінки ризику на потенційно-небезпечних об'єктах:

Перший - **інженерний**. Як правило, цей підхід є розрахунком ймовірностей аварій. Основні зусилля спрямовуються на збір статистичних даних про аварії та пов'язані з ними викиди токсичних сполук у навколишнє середовище.

Другий - **модельний**. Розробляють математичні моделі процесів, які призводять до небажаних наслідків для людини та навколишнього середовища при використанні шкідливих хімічних сполук.

Третій - **експертний**. При використанні перших двох підходів для оцінки ризику часто зустрічаються випадки, коли недостатньо статистичних даних або не є чітко заданими деякі принципові залежності. Тоді єдине джерело даних - експерти. Перед ними ставиться завдання імовірнісної оцінки тих чи інших подій, пов'язаних із аналізом ризику.

Четвертий - **соціологічний**. За допомогою цього методу визначають сприйняття населенням і його окремими групами того чи іншого ризику. Широко відомі дослідження, в яких визначалась оцінка ризику для різних видів діяльності, що давалася людьми під час соціологічного опитування. Були виявлені цікаві явища. Наприклад, люди віддають перевагу добровільному ризику (наприклад, альпінізм, куріння) перед примусовим. Охочіше йдуть на ризик, якщо вони можуть на нього впливати.

Розглядаючи всі чотири підходи до оцінки ризику, слід зауважити, що вони мають різні галузі застосування та не позбавлені недоліків.

Існуючі підходи повинні супроводжуватися концепцією, методами та методиками аналізу та оцінювання ризику. У джерелах ризиків необхідно розбиратися методом **систематичного аналізу «дерева відмов»**. Виникнення і розвиток великих аварій, як правило, характеризується комбінацією випадкових локальних подій, що виникають з різною частотою на різних стадіях аварії (відмови устаткування, людські помилки, зовнішні впливи, руйнування, викид, протоку речовини, розсіювання речовин, займання, вибух, інтоксикація і т. д.). Для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між цими подіями використовують логіко-графічний метод аналізу «дерева відмови». При аналізі дерев відмов виявляються комбінації відмов (несправностей) устаткування, помилок персоналу та зовнішніх (техногенних, природних) впливів, що призводять до основної небажаної події (аварійної ситуації, нещасного випадку). Метод використовується для

аналізу можливих причин виникнення аварійної ситуації та розрахунку її частоти (на основі значення частоти вихідних подій). Метод дерева відмови застосовується, як правило, для аналізів або модернізації складних технічних систем і виробництв.

Одним із методів оцінки ризику є метод порівняння цієї ризикованої ситуації з аналогічною, що мала місце в минулому – **метод аналогій**. Таке порівняння дає більш надійні вихідні передумови.

**Ймовірно-статистичний метод** є основним методом для майбутніх інфраструктур з оцінки ризику в галузях господарського комплексу держави.

Будучи найбільш універсальним для оцінки безпеки, **метод кількісного аналізу ризику** на сьогодні використовується в ядерній та в хімічній галузі США, Європи. Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) розробило рекомендації щодо визначення безпеки АЕС на основі ймовірнісних моделей.

До вітчизняних методик аналізу ризику та його оцінювання належать:

“Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті”;

“Методика визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної безпеки”;

“Методика оцінки збитків від надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру”;

“Методика оцінки ризику техногенної та природної безпеки в регіональному вимірі”;

“Методика оцінки безпеки складного об'єкта в умовах невизначеності”.

Етапи управління техногенною безпекою базуються на методології управління техногенним ризиком:

1 етап: збір/аналіз інформації про техногенну небезпеку;

2 етап: аналіз/оцінка ризику;

3 етап: контроль ризику.

Переважно, для людей, які працюють на потенційно небезпечному підприємстві, ризик від аварій на цих підприємствах є добровільним, а для населення, що проживає поблизу підприємства, – примусовим. Ризик за примусом розцінюється людьми як додатковий ризик і вони вимагають зниження його до дуже незначного рівня. Допускаючи подібний ризик, люди хочуть одержувати інформацію про методи управління в потенційно небезпечних галузях промисловості та контроль за небезпечними чинниками з метою зменшення подібного ризику.

3) Третій етап процедури оцінки ризику – **характеристика ризику** – передбачає оцінку ризиків за різними категоріями, спектрами та видами. На цьому етапі здійснюється порівняльна оцінка ризиків та аналіз їхнього розподілу за будь-якими аспектами – територіальним, аспектом часу, за об'єктами, чинниками, наслідками тощо. Під час виконання етапу узагальнюються отримані дані, формулюються рекомендації, які необхідні для розробки заходів з управління ризиком. На цьому етапі також виконується оцінка значимості існуючих проблем та здійснюється порівняння отриманих кількісних характеристик ризику зі значеннями умовно визначеного прийнятного ризику. За результатами виконаних досліджень узагальнюється здобута інформація та робляться висновки щодо рівня фактичного ризику.

4) Наступною процедурою аналізу ризику є **управління ризиком**, що базується на сукупності отриманих висновків при здійсненні процедури оцінки ризику. Управління ризиком спрямовано на обґрунтування найкращих за умови існуючої ситуації рішень з його усунення або мінімізації та прийняття управлінських рішень. Процедура управління ризиком складається з вибору стратегії зниження та контролю ризику, а також з прийняття управлінських рішень, при цьому визначається комплекс заходів щодо попередження або обмеження дії шкідливих та небезпечних чинників на об'єкти впливу.

Основним питанням теорії і практики безпеки життєдіяльності є питання підвищення рівня безпеки. Порядок пріоритетів при розробці будь-якого проекту потребує, щоб вже на перших стадіях розробки продукту або системи у відповідний проект, наскільки це можливо, були включені елементи, що виключають небезпеку. На жаль, це не завжди можливо. Якщо виявлену небезпеку неможливо виключити повністю, необхідно знизити ймовірність ризику до припустимого рівня шляхом вибору відповідного рішення. Досягти цієї мети, як правило, в будь-якій системі чи ситуації можна кількома шляхами. Такими шляхами, наприклад, є:

- повна або часткова відмова від робіт, операцій та систем, які мають високий ступінь небезпеки;
- заміна небезпечних операцій іншими — менш небезпечними;
- удосконалення технічних систем та об'єктів;
- розробка та використання спеціальних засобів захисту;
- заходи організаційно-управлінського характеру, в тому числі контроль за рівнем безпеки, навчання людей з питань безпеки, стимулювання безпечної роботи та поведінки.

Кожен із зазначених напрямів має свої переваги і недоліки, і тому часто заздалегідь важко сказати, який з них кращий. Як правило, для підвищення рівня безпеки завжди використовується комплекс цих заходів та засобів. Для того, щоб надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, порівнюють витрати на ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, який очікується в результаті їх запровадження. Такий підхід до зменшення ризику безпеки зветься управлінням ризиком.

Управління ризиком – процес прийняття рішень і здійснення заходів, спрямованих на забезпечення мінімально можливого (припустимого) ризику.

Вибір припустимого ризику – не просте завдання. Пропоноване рішення – взяти за основу ризик, з яким справляється місцева служба МНС, – може бути першим наближенням для розрахунку припустимих ризиків для всіх потенційно небезпечних ситуацій, тому що в цьому випадку ми враховуємо життєвий досвід і сформовану практику.

Отже, відповідно до Класифікатора надзвичайних ситуацій в Україні, таким може бути «НС 2041» – загроза життю людей, коли потрібна термінова евакуація до 500 осіб. Дopusкаємо таку ситуацію 1 раз на 2 роки, тобто з імовірністю 0,5. Тоді припустимий ризик евакуації буде таким:

$$R_e = P \cdot E = \text{const} = 250 \text{ осіб.}$$

З таким припустимим ризиком ми одержимо, що евакуація (E) 25 тис. осіб можлива з імовірністю (P) 0,1, або 1 раз на 10 років.

Якщо фактична ймовірність НС значно більша (наприклад,  $P = 0,2$ , тобто 1 раз на 5 років), то тоді умова прийнятого нами припустимого ризику не виконується і повинні бути прийняті заходи щодо розробки і посилення захисних систем. Це і є управління ризиком. Коли держава ставить завдання управління ризиком, вона гарантує громадянам захист і збереження здоров'я при впливі шкідливих чинників.

5) Останньою процедурою аналізу ризику є **інформування про ризик**. Ця процедура пов'язана з розглядом результатів прийняття управлінських рішень, які спрямовані на мінімізацію ризику. Відповідна інформація, що отримана при реалізації процедур оцінки та управління ризиком, має бути відома широким верствам суспільства: фахівцям, представникам засобів масової інформації, зацікавленим групам та особам. Інформування громадськості та зацікавлених осіб щодо ризиків здійснюється через обговорення проблематики фахівцями, представлення у засобах масової інформації, виконання експертиз та заслуховування звітів на громадських слуханнях тощо.

Должиков П.Н., доктор технических наук, профессор  
Легостаев С.О.

Донбасский государственный технический университет, Лисичанск, Украина

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ТЕХНОГЕННЫХ ПРОВАЛОВ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Ликвидированные, законсервированные (изолированные), брошенные, неэксплуатируемые наклонные выработки старых угольных шахт представляют большую опасность для земной поверхности и жизнедеятельности человека, что неоднократно отмечалось в работах, специалистов [1, 2]. Опасность заключается в непрогнозируемом ускорении процесса сдвижения горных пород над выведенными из эксплуатации и неликвидированными должным образом горными выработками малого заложения и сохранившихся в них пустотами из-за значительной протяженности.

Повреждения земной поверхности могут возникать над наклонными выработками вне зависимости от их возраста (срока эксплуатации с момента проведения), дореволюционными, современными или ликвидированными 10 - 20 лет назад.

Актуальность данной проблемы определяется тем, что вскрытие большинства шахтных полей (72% от общего числа) угольных шахт, построенных в начале XIX – середине XX века, осуществлялось двумя центральными спаренными наклонными стволами глубиной свыше 600 м (52% от общего числа).

Основным видом опасных деформаций земной поверхности над наклонными стволами являются провалы (рис. 1). **Цель работы**- выявить причины аварийных провалов земной поверхности на территориях закрытых шахт над горными выработками.



Рис. 1. Провал земной поверхности в устьевой части погашенного наклонного ствола, 2004 г.

**Исследования.** Чаще всего процесс образования провалов земной поверхности развивается с глубин 10-60 м. Основной причиной таких провалов является неудовлетворительное погашение и некачественный тампонаж устьев выработок либо их отсутствие. При этом размеры воронок небольшие и сопоставимы с пролётом выработки. Схема формирования провала над наклонной горной выработкой приведена на рисунке 2. На схеме показана эллиптическая форма развития провала во времени.

Так же на многих территориях сегодня наблюдаются несанкционированные вскрытия устьев наклонных стволов (рис. 3). В этих зонах нарушается геомеханическое равновесие породного массива, что приводит к аварийным деформациям земной поверхности и человеческим жертвам. В зоны аварийных деформаций поверхности и провалы часто попадают люди и животные.



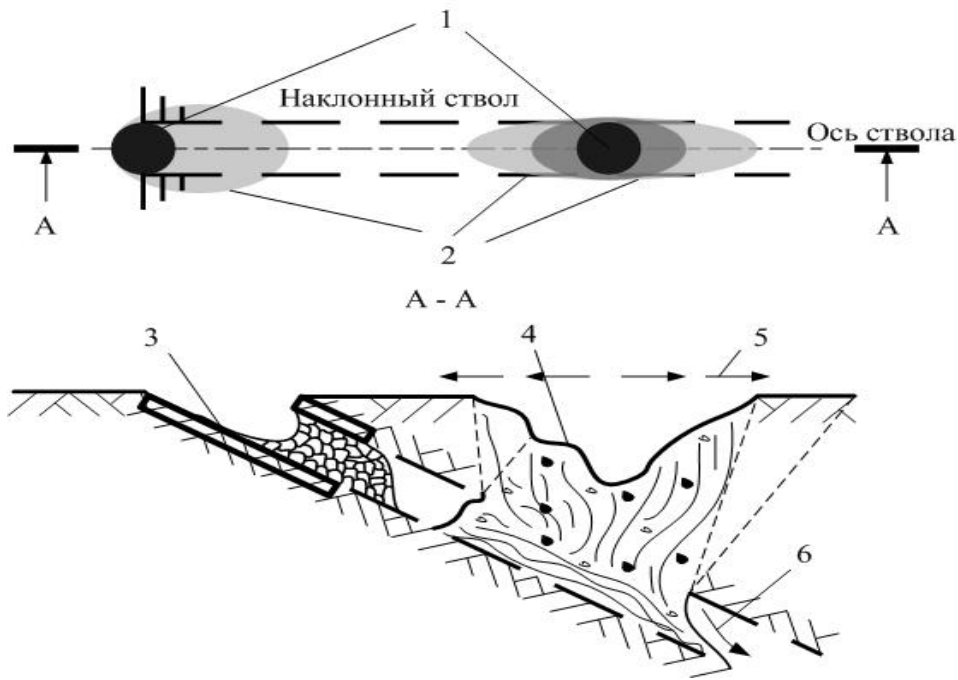


Рис. 2. Схема развития провалов земной поверхности над наклонными вскрывающими выработками закрытых угольных шахт:

1 - первоначальные формы воронок обрушения; 2 - развившиеся воронки обрушения; 3 - провал в устьевой части выработки; 4 - провал вдоль оси выработки; 5 - направление развития воронки обрушения; 6 - перепуск обрушенных пород вглубь выработки.



Рис.3. Несанкционированное вскрытие устья наклонного ствола закрытой шахты. а – устье; б – подкровельная пустота

Особенно в последнее время проблема несанкционированного доступа в старые наклонные горные выработки с целью извлечения лома черных и цветных металлов, незаконной добычи полезных ископаемых или из любопытства становится весьма актуальной. и свидетельствует о том, что данная выработка погашена неудовлетворительно. На рис 3 показано характерное вскрытие ликвидированной наклонной вскрывающей выработки.

Изучение сложившейся ситуации в провалоопасных районах (624 объекта) позволило сделать выводы. Основными причинами образования провалов земной поверхности над погашенными вскрывающими наклонными выработками являются:

- влияние гидрогеологических и геомеханических факторов;
- разрушение крепи, наличие куполов обрушения в старых горных выработках, слабая устойчивость боковых пород выработок малого заложения и перепуск их по падению;
- несоответствие технологических решений, принимаемым при ликвидации выработок конкретным горнотехническим и горно-геологическим условиям;

- неполная, некачественная засыпка горных выработок пород, либо отсутствие засыпки, усадка (до 50%) и уплотнение засыпанной в выработку породы;
- выдавливание и вынос засыпанной породы в прилегающие выработки;
- наведенное перекрытие выработок полками и перемычками;
- сочетание вышеперечисленных факторов.

Подработанные территории закрытых угольных шахт по степени опасности условно подразделяются на 5 категорий в зависимости от состояния массива горных пород: устойчивые, относительно устойчивые, неблагоприятные, угрожаемые, аварийные. Эту классификацию территорий обязательно необходимо учитывать при ведении промышленного, гражданского и инженерно-коммуникационного строительства, а также при осуществлении экологических мероприятий.

По проведенным исследованиям выделяются четыре состояния массива горных пород, нарушенного горными работами (табл. 1).

**Таблица 1**

**Состояние подработанного породного массива**

Состояние массива горных пород	Условия	Вероятность образования провалов земной поверхности
Устойчивое	Высокая крепость вмещающих пород (коэффициент крепости пород $f = 10-14$ ), нет подтопления	Низкая (0.2)
Относительно устойчивое	Выработки находятся на глубине от 30 до 60 м со средней крепостью пород ( $f = 6-10$ ), породы влажные	Средняя (0.5)
Неустойчивое	Наличие в массиве выработок, имеющих выход на земную поверхность и выработок, пройденных на глубинах менее 30 м в слабых обводнённых породах с крепостью $f < 6$	Высокая (0.8)
Аварийное	Имеются провалы над затопленными выработками, породы кровли обводнены, крепость уменьшилась ( $f = 2-4$ )	Абсолютная (1.0)

**Выводы.** Основными критериями необходимости повторной ликвидации наклонных горных выработок, имеющих выход на земную поверхность, являются:

- умышленное вскрытие устьев ликвидированных наклонных горных выработок, калориферных и вентиляционных каналов с целью создания доступа в них, наличие признаков ведения вскрышных, демонтажных и горных работ;
- образование провалов участков земной поверхности, активизация ранее засыпанных провалов, деформации поверхности на больших площадях;
- подтопление покровных отложений, выходы подземных вод;
- неорганизованное выделение газов (метана и «мертвого воздуха») в местах расположения устьевых частей ликвидированных выработок.

Многолетняя практика показала, что наиболее надёжным способом переликвидации выработок является их тампонаж ресурсосберегающими вязкопластичными растворами, которые обеспечивают геомеханическую и гидравлическую устойчивость как выработок, так и поверхности над ними [3, 4].

#### Список литературы

1. Семенов А.П., Ермаков В.Н., Петренко С.Я. О ликвидации шахт в Украине, Российской Федерации и Казахстане. Уголь Украины, 2003, № 2, с. 21-22.
2. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины /Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермаков, Ю.Ф. Кренида, О.А. Улицкий, В.А. Дрибан - Донецк: Норд-Пресс – 2004. – 631 с.
3. Кипко Э.Я., Должиков П.Н., Рябичев В.Д. Комплексная технология ликвидации наклонных горных выработок закрытых шахт. Монография. - Донецк: Норд-пресс, - 2005.- 218с.
4. Должиков П.Н., Семирягин С.В., Кипко А.Э. Комплексный подход к решению экологических проблем в регионах закрытых шахт. Матер. IX междунар. Науч. – практ. конф. «Проблемы горного дела и экологии горного производства». – Донецк: Донбасс, 2014.-С. 54-61.

Хлевной О.В.<sup>1</sup>,  
Горбань В.Б.<sup>1</sup>, кандидат економічних наук  
Жезло Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),

<sup>2</sup> СЗШ№30, м. Львів

## КВЕСТИ В РЕАЛЬНОСТІ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ НАСЕЛЕННЯ ДО ДІЙ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Перед людиною, яка опиняється у приміщенні, охопленому пожежею, постає необхідність самостійного прийняття рішень в умовах дефіциту часу та інформації про зовнішні умови. Внаслідок цього виникає стрес, який досить часто призводить до погіршення пам'яті та реакції, а відтак, неспроможності адекватно оцінювати ситуацію та діяти. Тому формування психологічної готовності до дій в умовах пожежі є не менш важливим, ніж теоретичне вивчення правил пожежної безпеки. Цього можливо досягнути тільки проведенням практичних занять в умовах, максимально наближених до реальних.

Станом на сьогодні розроблено достатньо багато сучасних тренувальних комплексів, обладнаних комп'ютеризованими системами контролю, що забезпечують створення умов реальної пожежі. Це, зокрема, мобільні полігони Combined Training System (виробник – «Dräger», Німеччина), ПТС «Грот», ПТС «Лава», ПТС «Уголек» (АО «ПТС», Російська Федерація), Mobile Fire Trainer ML 2000 («Egeria Group», Республіка Польща) та стаціонарні комплекси (розробляються за індивідуальними замовленнями). Всі вони призначені для формування психологічної готовності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів до дій в екстремальних умовах. Висока вартість виробництва (для прикладу, мобільні полігони «Грот» та «Лава», в залежності від комплектації та кількості тренувальних модулів, коштують від 2 до 5 млн. гривень [1]) не дає змоги облаштовувати та застосовувати такі комплекси для навчання та тренування населення.

Відтак, розробка та удосконалення засобів підготовки до дій в умовах пожежі, орієнтованих на широкі верстви населення (в першу чергу учнів та студентів), є актуальною задачею. Одним із варіантів її вирішення є застосування тематичних квестів в реальності.

Квест в реальності – це розважальна інтелектуальна гра в спеціально підготовленому приміщенні – квест-кімнаті – обладнаному декораціями та електронними пристроями для повного занурення в атмосферу гри. Сюжети ігор можуть бути найрізноманітнішими – від популярних книг, творів літератури та комп'ютерних ігор до унікальних авторських сценаріїв. Перша гра такого типу була створена у США відносно нещодавно – у 2006 році. В Україні перший заклад такого типу було відкрито у травні 2014 року, а вже восени того ж року мережа ігрових кімнат охоплювала майже усі великі міста України.

На даний момент концепція квесту в реальності з комерційної площини починає переходити в педагогіку – широкий спектр варіантів ігрових умов та завдань обумовлюють величезний педагогічний потенціал, а можливість одночасного поєднання теорії і практики при вивченні різноманітних дисциплін окреслюють перспективи створення та розвитку навчальних квест-кімнат як універсальних ігрових форм навчання.

Основними характеристиками квестів в реальності є сеттінг та механіка. Сеттінг – це умовне місце, де за сюжетом відбуваються ігрові події. При розробці сеттінг визначає декорації та обладнання квест-кімнати. Механіка включає такі показники як кількість учасників (здебільшого – 4-6), відведений на проходження час (найчастіше – 1 година), умови пересування та обстановка у приміщенні, кількість завдань.

Розробка квесту в реальності, сюжет якого передбачає порятунок із приміщення, охопленого пожежею, може стати альтернативою застосування навчально-тренувального комплексу. Концепція квесту передбачає реалістичний сеттінг (дія відбувається у житловому приміщенні із великою кількістю невеликих за розміром кімнат – від 6 до 9). Механіка регламентує послідовне проходження учасниками (оптимальна кількість – 2-4) кожного приміщення протягом відведеного часу (загалом не більше 30 хвилин). Перехід між приміщеннями можливий лише після виконання певного ігрового завдання. Під час проходження гри учасники відпрацьовують пересування в умовах задимлення, порятунок потерпілого, використання вогнегасників різних типів, застосування саморятівників, тощо. Умови пожежі створюються шляхом використання генератора диму та відповідного аудіосупроводу. За підрахунками, створення та облаштування подібної спеціалізованої квест-кімнати коштує 70-250 тис. грн. (залежно від обладнання та площі приміщення).

Збалансованість навчальної та розважальної складових при реалізації подібної ідеї може викликати значну зацікавленість населення та стати ефективним засобом формування навиків безпечної поведінки при пожежі.

Встановлено [2], що виконання ігрових завдань під час проходження квестів покращує навички роботи в команді, розвиває здатність до оперативного прийняття рішень, спілкування в колективі, соціалізацію, допомагає виявити і розвинути лідерські якості, сприяє формуванню довіри, розвиває уважність до дрібних деталей, критичне мислення, креативність, сміливість та рішучість, тому можна зробити висновок, що

використання тематичних квест-кімнат при підготовці населення до дій в умовах пожежі є інноваційним підходом до набуття знань, вмінь і навиків безпечної поведінки, формування у людей психологічної готовності до оперативного та правильного реагування на небезпеку.



### **Література**

1. Учебно-тренировочные комплексы. Прайс-лист. [ Электронный ресурс ]. – Режим доступа: <http://урал-птс.рф/uchebno-trenirovochnye-kompleksy>
2. Малыгина А.В. «Живые» квесты в образовании. [ Электронный ресурс ]. – Режим доступа: <http://nsportal.ru/shkola/obshchepedagogicheskie-tehnologii/library/2013/01/29/zhivye-kvesty-v-obrazovanii>

## ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ГАЗОДИМОВИХ ФАКЕЛІВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Особливістю лісової (торф'яної, лугової) пожежі є безперервне збільшення площі, охопленої пожежею, і зміна теплових характеристик пожежі по площі, так як після активного згоряння лісових горючих матеріалів починається фаза тління.

У реальних умовах початкові умови формування факела змінюються в міру розвитку пожежі, змінюється теплова потужність пожежі та потік плавучості, поперечний вітер, що зносить змінює умови залучення повітря в плавучий факел і формування конвективної колонки.

В розрахункових схемах із застосуванням гауссової моделі нагрітого струменя або факела зазвичай визначають початкову висоту підйому нагрітого струменя і факела та початок переміщують в точку на висоті  $h_{\Phi}$  (рис. 1). Однак при лісових радіоактивних пожежах важливо знати розподіл радіоактивних аерозолів і їх випадання поблизу пожежі, а ці характеристики суттєво залежать від перемінної висоти факела [1].

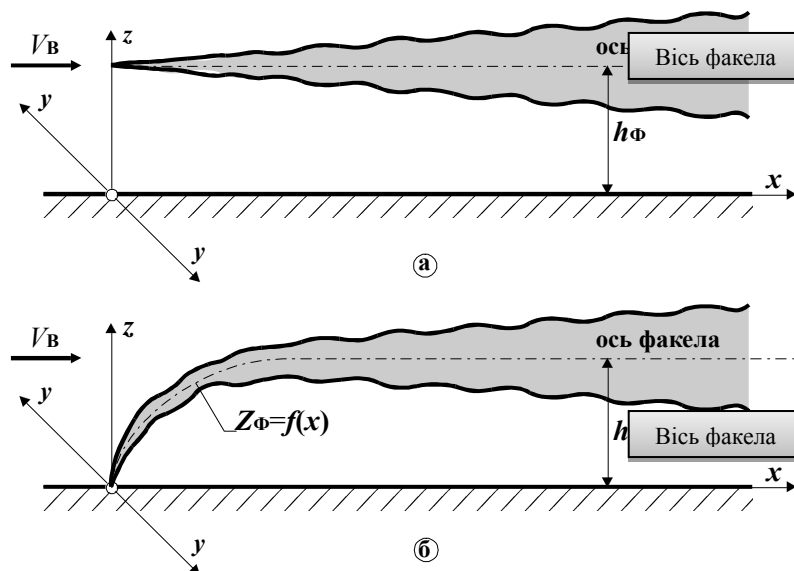


Рис. 1. Схема нагрітого струменя (факела), а - традиційна при постійній висоті осі факела  $h_{\Phi}$ , б - при змінній висоті осі факела  $Z_{\Phi}(x)$ .

Саме поблизу вогнища пожежі перебувають учасники гасіння пожежі, і тому в прогностичні розрахункові залежності застосовують змінну висоту факела з підвітряного боку пожежі [1].

Наступною особливістю лісових пожеж є зміна площі горіння, а отже і теплових характеристик лісової (торф'яної, лугової) пожежі в часі. Оскільки теплові характеристики і метеорологічні умови є визначальними для формування факела пожежі, то в розрахунковій моделі лісової пожежі необхідний облік динаміки розвитку даної пожежі [1].

На рис. 2 представлена схема формування газодимового факела при малих і великих за площею лісових (торф'яних, лугових) пожеж. Якщо для малих по площі пожеж зона активного горіння може охоплювати більшу частину площі, то при великих пожежах по периферії зона активного горіння, а в місці виникнення пожежі, де вже встигла вигоріти основна маса лісових горючих матеріалів створюється зона тління, в якій теплова потужність пожежі набагато менше, ніж у зоні активного горіння, що, очевидно, повинно впливати і на формування газодимового факела.

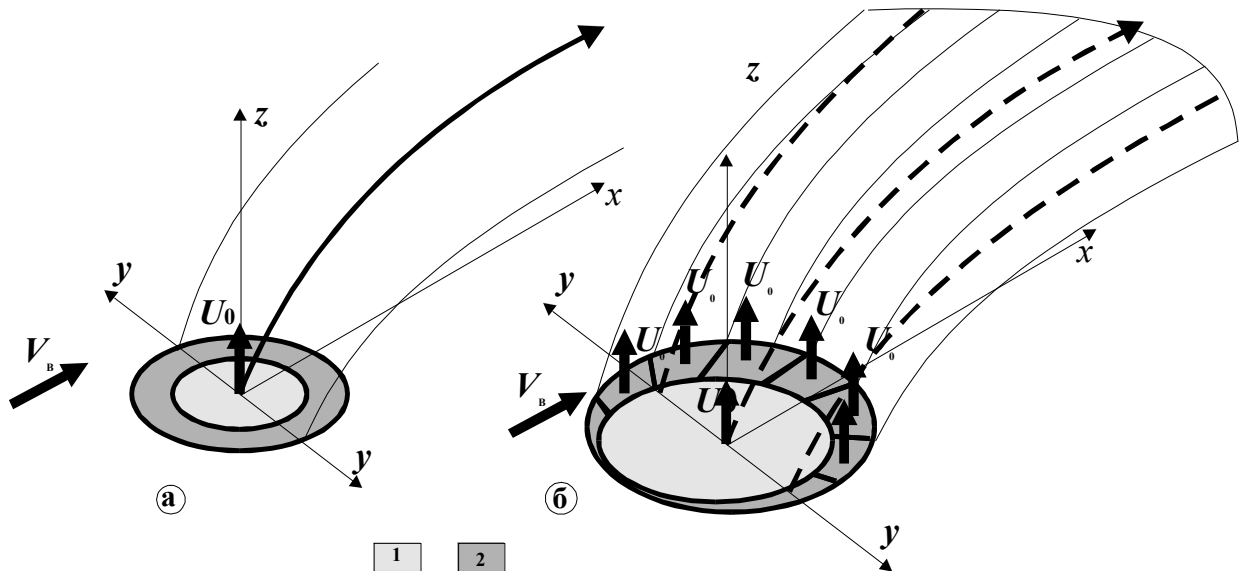


Рис. 2. Схема формування газодимового факела при малих за площею (а), і великих за площею (б) пожежах. 1 - зона активного горіння; 2 - зона тління.

При активному горінні виділяється основна частина теплової енергії, яка і формує плавучий газодимовий факел пожежі із залученням повітря з навколишнього простору і утворенням конвективних потоків або конвективних колонок, що утворюють розширений газодимовий факел. При тлінні, коли температура недопалу і золи істотно нижче температури горіння за рахунок нагрітого повітря, утворюється плавучий факел, але з набагато меншою плавучістю і незначним конвективним залученням повітря з навколишнього простору [2].

Така зміна потоку тепла і, відповідно, потоку плавучості у часі і площі пожежі буде найбільш чітко проявлятися у великих за площею і тривалості пожежах, в яких чітко можна виділити площу горіння на фронтальній частині пожежі і площу тління в центральній частині пожежі [2].

### Література

1. Шеренков И.А., Гаркавий С.Ф. Модель загрязнения земной и водной поверхности техногенными выбросами в атмосферу из точечных источников: Научный вестник строительства. – Вып.12. – Харьков: ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2001. – С. 88–93.
2. Гаркавий С.Ф. Повторне радіоактивне забруднення території внаслідок пожеж на торфовищах, забруднених радіонуклідами // Проблеми Чорнобиля. – Вып. 10. – Ч. II. – Чернобыль: МНТЦ «Укриття», 2002. – С.72–75.

Ковальов А.І., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Зобенко Н.В.  
Ведула С.А.

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

## ОЦІНКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ ПОЖЕЖІ

Для оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій існує стандартизована методика [1], згідно якої випробування зразків проводять в умовах стандартного температурного режиму пожежі. Проте, ця методика не враховує поведінку сталевих конструкцій при їх випробуваннях в умовах інших температурних режимів, наприклад режимі вуглеводневої пожежі. На сьогоднішній день в Україні впроваджуються європейські стандарти і відкритим залишається питання визначення вогнезахисної здатності покриттів для альтернативних режимів, наприклад режиму вуглеводневої пожежі. Температурний режим вуглеводневої пожежі відноситься до жорсткіших режимів, ніж режим стандартної пожежі. Цей режим призначений для представлення впливів пожеж вуглеводневих пожежних навантажень і його використовують при оцінці вогнестійкості будівельних конструкцій, що застосовують переважно на об'єктах нафтової промисловості, температура горіння яких зростає значно швидше і має більші значення, ніж при горінні будь-яких інших будівельних і облицювальних матеріалів. Також температурний режим вуглеводневої пожежі застосовують для оцінки вогнестійкості несучих конструкцій на об'єктах підвищеної пожежонебезпеки – залізничних і автомобільних тунелях, обладнання з видобутку, переробці і транспортуванні газу, нафти і нафтопродуктів тощо. Тому актуальною на теперішній час є розробка методики оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі. **Метою даної роботи** є розробка методики попередньої оцінки (далі – методика оцінки) вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі, яка дозволяє визначати значення мінімальної товщини покриттів залежно від тривалості вогневого впливу та критичної температури сталі за результатами випробувань зразків зменшених розмірів.

Попередня оцінка вогнезахисної здатності покриттів є одним із етапів визначення цієї здатності для покриттів сталевих конструкцій і передусе проведенню випробувань на вогнестійкість зразків сталевих конструкцій (балок та колон) встановлених в стандарті [1] розмірів. Розробка такої методики оцінки, яка б враховувала специфіку роботи сталевих конструкцій в умовах вуглеводневої пожежі, можливо за рахунок використання розрахунково-експериментального методу, який дозволяє за результатами випробувань, використовуючи математичні та фізичні моделі, оцінювати вогнезахисну здатність покриттів і вогнестійкість сталевих конструкцій. Слід відзначити, що даний метод добре зарекомендував себе в роботах таких вчених, як Круковський П.Г., Харченко І.О., Новак С.В., Цвіркун С.В., Поздєєв С.В., Качкар С.В., Довбиш А.В., Ковальов А.І., Якименко О.П. та ін.

В роботі запропонована методика попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі, яка має такі етапи:

1. Проведення експериментів по визначенню температури з необігрівної поверхні сталеві пластини з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу за температурним режимом вуглеводневої пожежі.
2. Визначення теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності (далі – ОЗТ).
3. Визначення характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття – залежності мінімальної товщини покриття від товщини сталеві пластини, тривалості вогневого впливу та значення критичної температури сталі, шляхом розв'язання прямих задач теплопровідності (далі – ПЗТ).

Проведено апробацію зазначеної методики при оцінці вогнезахисної здатності покриття на водній основі «Amotherm Steel Wb», що спучується.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (EN 13381-4:2002, NEQ) : ДСТУ Б В 1.1-17:2007. – [Чинний від 2008-01-01] – К.: Укрархбудінформ, 2009. – XIV, 105 с. – (Національний стандарт України).

# Працездатність будівельних матеріалів та конструкцій в умовах впливу на них різноманітних експлуатаційних факторів

УДК 624.014.2 + 624.042.12

Никишина И.А.<sup>1</sup>

Голоднов А.И.<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор

<sup>1</sup> ДонДТУ,

<sup>2</sup> ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского»

## ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЧЕНИЯХ ГНУТЫХ ЗАМКНУТЫХ СВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

Остаточные напряжения в элементах строительных конструкций оказывают существенное влияние на их устойчивость и деформативность. Это влияние неоднозначно [1-4], поэтому при расчетах и проектировании конструкций необходимо учитывать наличие остаточных напряжений. Поэтому актуальным был и остается вопрос о распределении остаточных напряжений в сечениях элементов конструкций и их регулировании с целью улучшения характеристик конструкций. Поскольку основными технологическими процессами при изготовлении конструкций является прокатка и сварка, появление остаточных напряжений можно считать обязательным следствием неравномерного разогрева конструкций.

В настоящее время выполнено большое количество научных исследований, посвященных остаточному напряженному состоянию стальных конструкций. При этом в большинстве работ рассмотрены конструкции открытого профиля, как наиболее распространенные для несущих конструкций (элементы двутаврового профиля).

Работ, посвященных исследованию остаточных напряжений в гнутых замкнутых сварных профилях квадратного сечения (квадратных трубах) не так много. В то же время они широко используются при изготовлении несущих и ограждающих конструкций. Поэтому тематику исследований можно считать актуальной и практически полезной.

Целью работы является выявление особенностей распределения и величин остаточных напряжений в элементах из квадратных труб.

В качестве экспериментальных образцов были использованы квадратные трубы  $80 \times 80 \times 3$  по ГОСТ 30245-2003 [5].

Подготовка и проведение испытаний включали в себя следующие этапы:

- разметка, зачистка, обезжиривание и грунтовка мест наклейки тензодатчиков;
- группировка и наклейка тензодатчиков выполнялась согласно инструкции для принятых типов датчиков клеем SOMA FIX Professional в местах определения деформаций на подготовленную поверхность;
- подключение тензодатчиков к регистрирующей аппаратуре и съем начальных результатов. В качестве регистрирующей аппаратуры использовалась система информационно-измерительная тензометрическая – СИИТ-3;
- поперечная разрезка участка трубы, позволяющая освободить элементы с остаточными напряжениями в пределах одной группы тензодатчиков, и снятие показаний в процессе и после распила.

Для определения остаточного напряженно-деформированного состояния был использован разрушающий метод. Сущность метода заключается в разрезке элемента конструкции для освобождения связей, препятствующих свободному перемещению фрагментов.

Регистрация деформаций при определении остаточных напряжений определялась с помощью тензометрической системы СИИТ-3, состоящей из блока дистанционного релейного переключения (БДРП), измерительного блока (БИ), блока печати (БП), активных тензометрических датчиков, расположенных на исследуемых прокатных профилях, компенсационных датчиков, установленных за пределами исследуемых прокатных профилей, но на таком же материале. Схема подключения приведена на рис. 1.



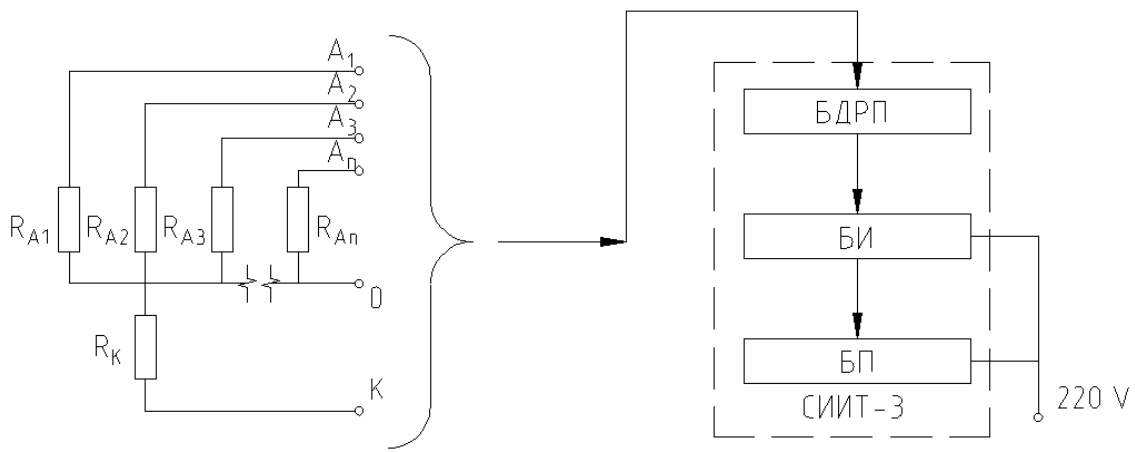


Рис. 1. Схема подключения тензометрической системы СИИТ-3

Тензодатчики располагались на внешней стороне стенок исследуемых образцов. Расположение датчиков на каждом образце было одинаковым и приведено на рис. 2.

Разрез испытываемых образцов проводился на лентопильном станке JET HVBS-56M. До и после реза образцов снимались показания деформаций с помощью тензометрической системы СИИТ-3. После каждого этапа резки образца производилась выдержка продолжительностью 10 минут, а затем брались отсчеты по всем тензодатчикам исследуемого образца. Окончательный съем показаний проводился после полной распиловки профиля и выдержки в течение 24 часов. Процесс резки образца типа ГК8-0.04 приведен на рис. 3.

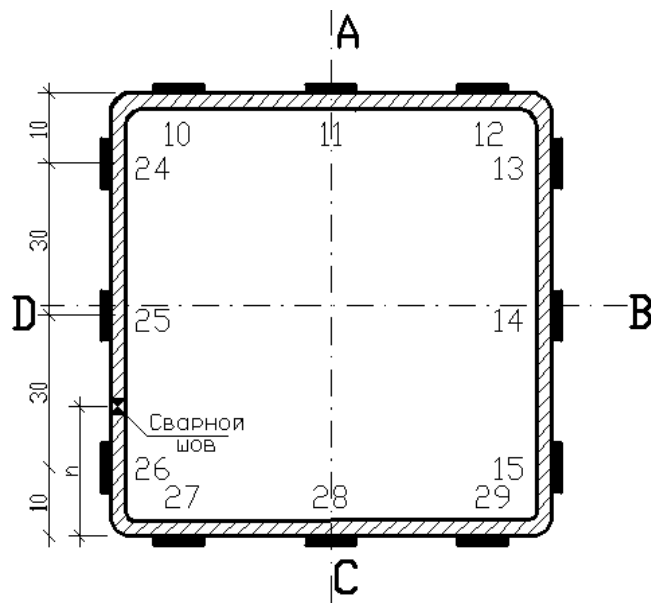


Рис. 2. Схема расположения датчиков на исследуемых образцах

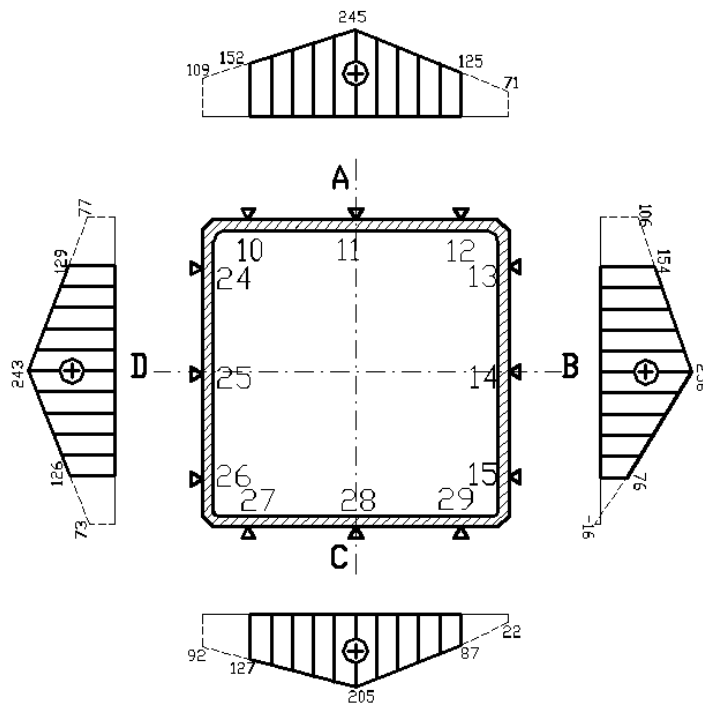


Рис. 3. Эпюра остаточных напряжений (кг/см<sup>2</sup>) в образце типа ГК 8-0.04

Полученные в ходе проведения эксперимента данные (приращения деформаций), были переведены в напряжения путем умножения на коэффициент тензочувствительности, величина которого определялась экспериментальным путем тарировки тензодатчиков на консольной тарировочной балке с переменным сечением, нагруженной силой на свободном конце.

Эпюра остаточных напряжений, полученная после поперечных резов приведена на рисунке 3.

На основе проведенных исследований сделаны выводы.

1. Метод измерения деформаций путем освобождения элементов конструкций с остаточными напряжениями после разрыва связей (распиловки образцов) позволяет определить наличие остаточных продольных напряжений во всех элементах гнутого профиля закрытого типа.

2. Полученные результаты свидетельствуют о наличии остаточных напряжений сжатия для образцов в состоянии поставки, возникающие в процессе их изготовления. Величина сжимающих напряжений составляет от 76 до 256 кг/см<sup>2</sup>.

При работе конструкции на сжатие величина сжимающих остаточных напряжений в сечении образца типа ГК8-0.04 снижает несущую способность.

## Литература

1. Голоднов А. И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках / А. И. Голоднов. – К.: Сталь, 2008. – 150 с.
2. Иванов А.П. Распределение температурных остаточных напряжений в швеллерах при нанесении сварного шва /А.П. Иванов, В.В. Псюк, И.А. Иванова // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазоряна. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ ім. акад. В. Лазоряна, 2011. - Вип.39. – с. 51-54.
3. Биргер И. А. Остаточные напряжения. / И. А. Биргер. – М.: Машгиз, 1963. – 232с.
4. Давиденков Н.Н. Механические свойства материалов и методы измерения деформаций/ Н.Н. Давиденков. – К.: Наук. думка, 1981. –656 с. – ( Избранные труды в 2-х т., т. 2).
5. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия: ГОСТ 30245-2003. –М.: ЦНИИПСК им. Н. П. Мельникова, 1995. – 13 с.

**Жарко Л.О.<sup>1</sup>, кандидат технічних наук, доцент**  
**Голоднов О.І.<sup>2</sup>, доктор технічних наук, професор**  
**Кондратюк О.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Державне підприємство НДІБК

<sup>2</sup> ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»,

<sup>3</sup> ДонДТУ

## НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ ТОРГОВОГО КОМПЛЕКСУ

Необхідність в проведенні експертної оцінки працездатності сталезалізобетонного каркасу будівлі «Комплекс по наданню послуг населенню на перегині Столичного шосе та проспекта Академіка Заболотного у Голосіївському районі м. Києва» виникла у зв'язку із сумнівами окремих фахівців щодо правильності конструювання і можливості роботи залізобетонної плити, яка опирається на металеву балочну клітку.

Будівля призначена для надання послуг населенню і являє собою триповерхову, прямокутну в плані багатопрольотну в обох напрямках споруду. Вона розділена на два блоки температурним швом в осях 9-10. Крок колон в поздовжньому і поперечному напрямках складає 9 м, висота поверху – 5,25 м.

Будівля із металевим каркасом за рамною просторовою схемою, що забезпечується жорсткими вузловими з'єднаннями ригелів перекриттів і покриття, які розташовані в поздовжньому і поперечному напрямках, з колонами. Колони жорстко з'єднані з фундаментами.

В кожній чарунці розмірами 9x9 м посередині встановлена допоміжна балка такого ж перерізу, що й основні. Допоміжні балки шарнірно з'єднуються з основними та розташовані по площині перекриттів ортогонально одна до іншої у суміжних чарунках. Таким чином, кожна головна балка перекриття навантажена одним зосередженим навантаженням посередині свого прольоту від допоміжної балки.

Ригелі перекриттів і покриття, а також допоміжні балки, запроектовані із прокатних двотаврів № 45 за ГОСТ 8239-89. До верхнього пояса кожної металевої балки приварено додаткові елементи з прокатних елементів із кроком 3 м для забезпечення просторової стійкості металевих балок і, частково, забезпечення сумісної роботи залізобетонної плити і балок.

На систему металевих балок укладається монолітна залізобетонна плита товщиною 160 мм. Захисний прошарок бетону для арматури становить 10 мм.

Мета роботи – розрахунково-теоретичне (за допомогою проведених варіантних розрахунків комп'ютерних моделей) і експериментальне (шляхом проведення випробувань конструкцій) обґрунтування можливості застосування сталезалізобетонного перекриття при будівництві будівлі за розробленим проектом.

В нормативній літературі розглядаються варіанти сумісної роботи залізобетонної плити разом з металевими балками за рахунок постановки анкерів або упорів. Можливість роботи залізобетонної плити, яка просто спирається на металеві балки, не розглядається. Розв'язок такої задачі залежить від проектувальника.

Для реалізації вказаної мети вирішувались наступні задачі:

- проаналізувати висловлені сумніви і зауваження, висловлені заінтересованими сторонами, окремими фахівцями щодо можливості будівництва будівлі за розробленим проектом;
- спираючись на результати проведених раніше досліджень, розробити адекватну існуючій конструкції будівлі математичну модель МСЕ і провести розрахунки з метою визначення армування, прогинів, переміщень, зусиль в елементах перекриттів тощо;
- провести експериментальні дослідження шляхом навантаження чарунок перекриття;
- за результатами проведених розрахунків і результатів випробувань підготувати висновок щодо можливості будівництва за розробленим проектом.

Каркас було розраховано з урахуванням спільної роботи сталевих ригелів і допоміжних балок та нерозрізних залізобетонних монолітних плит перекриттів товщиною 160 мм. При цьому враховано, що нерозрізні монолітні плити перекриттів спираються на металевий каркас зверху без анкерування.

Для підтвердження результатів розрахунку було проведено натурні випробування окремих елементів перекриттів шляхом укладання вантажів. Місця проведення випробувань були визначені замовником.

Перед випробуваннями було розмічено три чарунки монолітної плити перекриття:

чарунка №1 – відм. +10.500, в осях В-Г/10-11;

чарунка №2 – відм. +10.500, в осях А-Б/7-8;

чарунка №3 – відм. +5.250, в осях Д-Е/7-8.

Розмічання чарунок для укладання вантажів виконано згідно з методикою натурних випробувань перекриття. При обстеженні чарунок перекриття перед випробуваннями пошкоджень не виявлено.

Схема монолітної плити з визначенням ділянок, що випробувувались навантаженням, наведено на рис. 1.

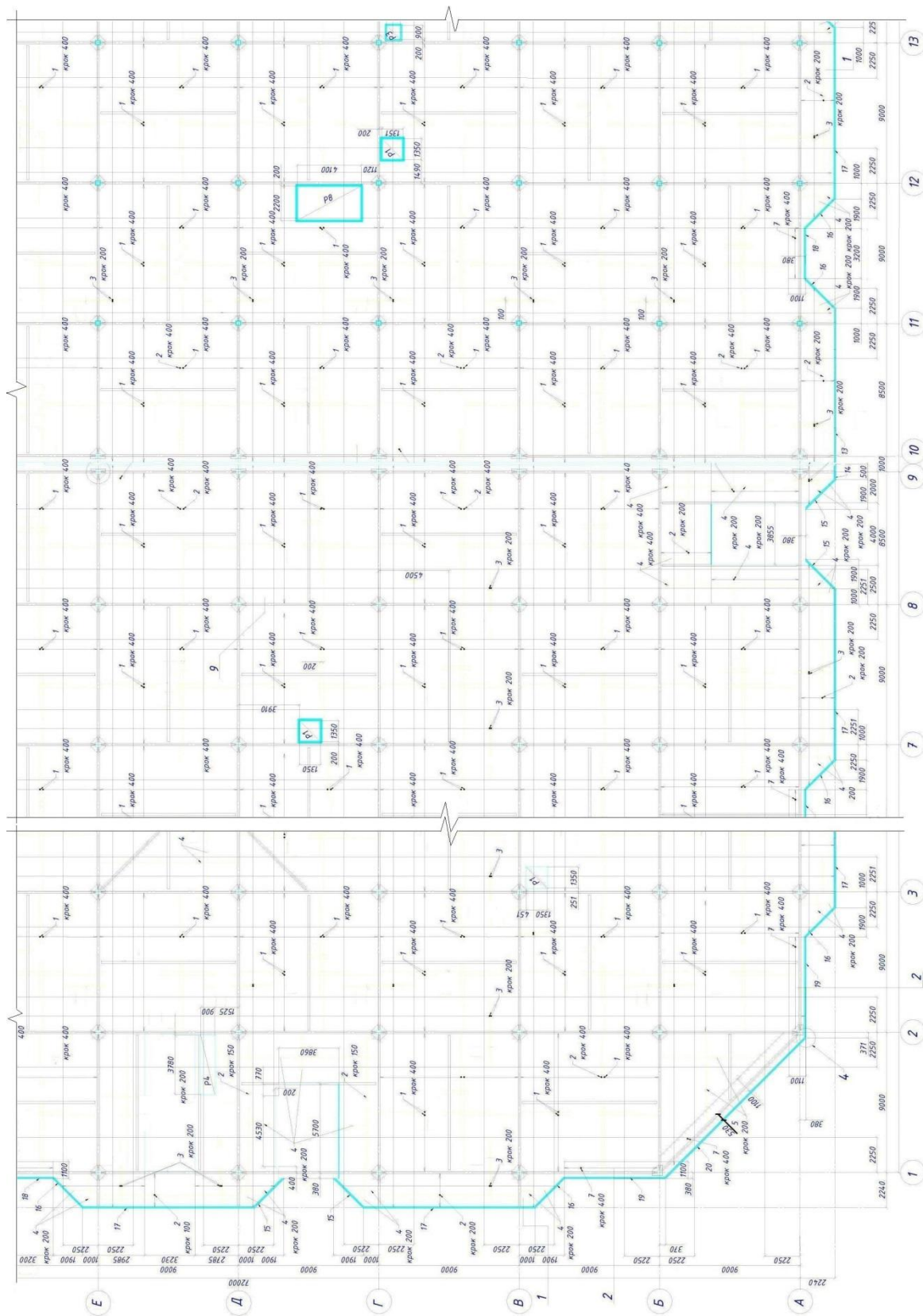


Рис. 1. Фрагмент плану будівлі

Для вимірювання прогинів було встановлено і пронумеровано прогиноміри з нижньої сторони плити. Кожен з прогиномірів було закріплено спеціальними струбцинами до індивідуального стояка.

Для вимірювання прогинів було застосовано наступні засоби вимірювальної техніки: рулетка за ДСТУ 4179 з ціною поділки 1 мм; прогиноміри 6ПАО за МИ 956-85 з ціною поділки 0,01 мм.

Після завантаження монолітної плити перекриття рівномірно-розподіленим навантаженням  $q=500$  кг/м<sup>2</sup> в чарунках №№1-3 ознак руйнування не виявлено.

Було отримано також дані щодо величин прогинів перекриття при рівномірно-розподіленому навантаженні  $q=500$  кг/м<sup>2</sup>. Було виявлено, що максимальний прогин плити перекриття в чарунці №2 становить 14,71 мм, що значно менше за граничний прогин 22,5 мм.

За результатами виконаних досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Прийняті в проекті матеріали несучих елементів каркасу, конструкцій та з'єднань відповідають вимогам чинних нормативних документів і чинним стандартам.

Товщина плити 160 мм відповідає загальним принципам конструювання таких конструкцій. Згідно табл. 6.31 [1] для плит, які працюють у двох напрямках при пружньому зачінанні, товщина плити не повинна бути меншою за  $h = (1/50) l_1 = (1/50) 4500 = 90$  мм, де  $l_1$  – менша сторона прямокутної плити (табл. 6.38 [1]).

2. За результатами розрахунків з урахуванням нелінійної роботи залізобетону і сталі сталевих елементів було встановлено, що деформативність сталевих ригелів, допоміжних балок і плити перекриття за результатами розрахунків нелінійної моделі 2 знаходиться в припустимих межах. Максимальне вертикальне переміщення балок складає 15,23 мм, що значно менше від граничної величини 36 мм. Максимальне вертикальне переміщення плити складає 15,26 мм, що значно менше за граничний прогин 22,5 мм.

3. За результатами проведених випробувань монолітна плита перекриття в чарунках №№1-3 витримала перевірку рівномірно-розподіленим навантаженням  $q=500$  кг/м<sup>2</sup>. Максимальний прогин плити перекриття в чарунці №2 становить 14,71 мм.

### Література

1. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие /А.Б. Голышев, В.Я.Бачинский, В.П.Полищук, А.В.Харченко, И.В.Руденко; Под ред. А.Б.Голышева. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Будівельник, 1990. - 544 с.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ РЕЧОВИН, ЩО СПУЧУЮТЬСЯ, ДЛЯ ЗАХИСТУ НЕСУЧИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ. ІТАЛІЙСЬКА ВОГНЕЗАХИСНА РЕЧОВИНА AMOTHERM STEEL WB

На теперішній час, мабуть як і завжди, основними вимогами до будівництва об'єктів можна віднести швидкість будівництва, сучасний дизайн, міцність споруди та зниження собівартості будівництва.

Цим вимогам цілком відповідає будівництво зі сталевих конструкцій. А з розвитком сучасних вогнезахисних матеріалів, зокрема тих же вогнезахисних речовин, що спучуються, будівництво зі сталі починає займати все більшу і більшу частку у загальному будівництві.

### Будівельні норми, що регулюють застосування вогнезахисних фарб:

#### ➤ ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі.

#### Пожежна безпека об'єктів будівництва»

На теперішній час основним нормативним документом, що регулює виконання робіт протипожежного призначення є Державні будівельні норми – ДБН В.1.1.7 – 2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва», які була затверджені наказом Держбуду України від 03 грудня 2002 року №88 та введені в дію з 01.05.2003 року. Цим документом вводяться вимоги до будівельних конструкцій щодо їх межі (або, ще називають – класу) вогнестійкості у відповідності до ступені вогнестійкості будинку.

У ДБН В.1.1.7 – 2002, вимоги щодо межі (класу) вогнестійкості конструкцій представлені, головним чином, у Таблиці 4.

## ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва»

Таблиця 4

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилині) та максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колонни	сходові площадки, ко-соури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття міжпо-верхові (у т. ч. горищні та над підвала-ми)	елементи суміще-них покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зов-нішні ненесу-чі	внут-рішні не-несу-чі (пере-город-ки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	REI 150	REI 75	E 30	EI 30	R 150	R 60	REI 60	RE 30	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0
II	REI 120	REI 60	E15	EI 15	R 120	R 60	REI 45	RE 15	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0
III	REI 120	REI 60	E15, M0	EI 15	R 120	R 60	REI 45	Не нормуються	
	M0	M0	E30, M1	M1	M0	M0	M1		
IIIa	REI 60	REI 30	E15	EI 15	R 15	R 60	REI 15	RE 15	R 15
	M0	M0	M1	M1	M0	M0	M0	M1	M0
IIIб	REI 60	REI 30	E15, M0	EI 15	R 60	R 45	REI 45	RE 15, M0	R 45
	M1	M1	E30, M1	M1	M1	M0	M1	RE 30, M1	M1
IV	REI 30	REI 15	E15	EI 15	R 30	R 15	REI 15	Не нормуються	
	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1		
IVa	REI 30	REI 15	E15	EI 15	R 15	R 15	REI 15	RE 15	R 15
	M1	M1	M2	M1	M0	M0	M0	M2	M0
V	Не нормуються								

Крім того, істотне значення має **Пункт 4.40**, який зазначає: «У випадках, коли мінімальна межа вогнестійкості конструкції R 15 (RE 15, REI 15) (табл.4), допускається застосовувати незахищені металеві конструкції незалежно від їх фактичної межі вогнестійкості, за винятком випадків, обумовлених у нормативних документах.

## ДБН В.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва»

**Пункт 4.40, який зазначає: «У випадках, коли мінімальна межа вогнестійкості конструкції R 15 (RE 15, REI 15) (табл.4), допускається застосовувати незахищені металеві конструкції незалежно від їх фактичної межі вогнестійкості, за винятком випадків, обумовлених у нормативних документах.»**

Зараз розробляється новий ДБН В.1.1-7-201X, який замінить ДБН В.1.1-7 – 2002. Планується, що ця норма стосовно R 15 буде в ньому скасована. Крім того, новими нормами крім огнестійкості, яка визначається при стандартному температурному режимі (режимі целюлозної пожежі), будуть введені вогнестійкості, які визначаються:

- при температурному режимі вуглеводневої пожежі (використовується індекс «нс») –  $REI_{нс} 30$ ;
  - при температурному режимі зовнішньої пожежі (використовується індекс «ef») -  $REI_{ef} 30$ ;
  - при температурному режимі пожежі, яка повільно розвивається (використовується індекс «sf») -  $REI_{sf} 30$ .
- Вогнестійкість при цих температурних режимах буде визначатися у разі, якщо це вимагатиметься нормативною або проектною документацією.

## ДБН В.1.1-7-201X «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва»

- використовується індекс «нс» при температурному режимі вуглеводневої пожежі  $REI_{нс} 30$ ;
- використовується індекс «ef» при температурному режимі зовнішньої пожежі  $REI_{ef} 30$ ;
- використовується індекс «sf» при температурному режимі пожежі, яка повільно розвивається -  $REI_{sf} 30$ .

Проте слід зазначити, що крім будівельних норм ДБН В.1.1.7 – 2002, які мають загальний характер щодо пожежної безпеки об'єктів будівництва, існують інші будівельні норми, які стосуються окремих типів будівель, і які також встановлюють вимоги щодо межі (класу) вогнестійкості окремих конструкцій для цих типів будівель.

Наприклад, ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту автостоянки і гаражі для легкових автомобілів» передбачає, що при розташуванні гаража під поверхом будинку де є приміщення з одночасним перебуванням більше 50 осіб, то над поверхом гаража необхідно влаштувати протипожежне перекриття з межею вогнестійкості не менше  $REI 180$ . Така норма ДБН В.1.1.7-2002.

## ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту автостоянки і гаражі для легкових автомобілів»

Якщо > 50 осіб,

То встановлюється протипожежне перекриття

з межею вогнестійкості не менше

**REI 180.**

Протягом останнього часу в Україні було докладено багато зусиль щодо гармонізації національних стандартів з європейськими стандартами з пожежної безпеки. Слід, зазначити, що така гармонізація стандартів і раніше мала місце. Зокрема, стандартний температурний режим який у нас вводиться ДСТУ Б В.1.1-4-98 і його формула має вид:

$$T_s = 345 \lg(8t + 1) + 20,$$

де  $t$  - час, що відраховується від початку випробування, хв;

$T_s$  - температура в печі, яка відповідає часу  $t$ , °C.

У той час, як міжнародний стандарт **ISO 834-75 Fire resistance test. Elements of building constructions** «Випробування на вогнестійкість. Будівельні конструкції»

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1),$$

де  $t$  - час, що відраховується від початку випробування, хв;

$T_s$  - температура в печі, яка відповідає часу  $t$ , °C;

$T_0$  - температура в печі до початку теплового впливу.

Проте розвиток науки і підходів до вогнезахисту будівельних конструкцій, зокрема сталевих, останнім часом набув нового імпульсу.

### Гармонізація Стандартів

➤ ДСТУ Б В.1.1-4-98 і його формула має вид:

$$T_s = 345 \lg(8t + 1) + 20,$$

де  $t$  - час, що відраховується від початку випробування, хв;

$T_s$  - температура в печі, яка відповідає часу  $t$ , °C.

➤ ISO 834-75 Fire resistance test. Elements of building constructions «Випробування на вогнестійкість. Будівельні конструкції»

$$T_s - T_0 = 345 \lg(8t + 1),$$

де  $t$  - час, що відраховується від початку випробування, хв;

$T_s$  - температура в печі, яка відповідає часу  $t$ , °C;

$T_0$  - температура в печі до початку теплового впливу.

На сьогодні діють такі стандарти щодо методів випробування металевих конструкцій:

- ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги».

- ДСТУ Б В.1.1-13:2007 «Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-3:1999, NEQ).

- ДСТУ Б В.1.1-14:2007 «Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-4:1999, NEQ).

- ДСТУ Б В.1.1-17:2007 «Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності.» (ENV 13381-4:2002, NEQ).

З вогнезахисною речовиною Amotherm Steel WB були проведені сертифікаційні випробування за стандартами ДСТУ Б В.1.1-14 та ДСТУ Б В.1.1-17:2002.

Найбільш універсальним є стандарт ДСТУ Б В.1.1-17:2002 він дозволяє застосування Єврокодів (Європейських Будівельних норм) для проектування робіт з вогнезахисту металевих несучих конструкцій, зокрема прийнятий в Україні стандарт:



## Стандарти щодо методів випробування металевих конструкцій на вогнестійкість

- ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги»
- ДСТУ Б В.1.1-13:2007 «Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-3:1999, NEQ)
- ДСТУ Б В.1.1-14:2007 «Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-4:1999, NEQ)
- ДСТУ Б В.1.1-17:2007 «Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності» (ENV 13381-4:2002, NEQ)

До прийняття цього стандарту в Україні відповідно до стандарту ДСТУ Б В.1.1-4-98 було прийнято, що граничним станом за ознакою втрати несучої здатності є перевищення середньої температури металевого елемента зразка над його початковою температурою на 480 °С.

Відповідно до цього стандарту, для проектування вогнезахисних робіт вибирається проектна температура 500°С.

З прийняттям ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 (Єврокод 3) температура сталевих конструкцій, яка визначає граничний стан за ознакою втрати несучої здатності, у свою чергу визначається розрахунковим методом у залежності від навантаження, яке несе сталева конструкція.

У випадку застосування цього стандарту, для проектування вогнезахисних робіт вибирають проектну температуру, яка повинна бути не нижчою за критичну температуру, визначається за Єврокодом 3, із ряду температур 350 °С, 400 °С, 450 °С, 500 °С, 550 °С, 600 °С, 650 °С, 700 °С, 750 °С.

Такий підхід дозволяє знизити товщину сухого шару вогнезахисного покриття і витрати вогнезахисного матеріалу, а заодно і зменшити вартість робіт з вогнезахисту.

## Проектна температура

### ДСТУ Б В.1.1-4-98

Проектна температура - 500°С

### ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 (Єврокод 3)

Проектна температура – обирається із ряду температур:

350°С, 400°С, 450 °С, 500°С, 550°С, 600°С, 650°С, 700°С, 750°С

Проілюструю це, на прикладі отриманого за стандартом ДСТУ Б В.1.1-17:2002 сертифікату для вогнезахисної речовини Amotherm Steel WB.

Слід відмітити, вплив комерційної складової на завдання як здійснювати сертифікацію фарби і отримання товщин і як це відрізняє підходи Європі, зокрема в Італії,

Проте слід зазначити, що застосування розрахунків проектної температури за Єврокодом 3 на теперішній час практично не застосовується у зв'язку з тим, що основною з вимог застосування Єврокодів є те, що будівля повинна проектуватися або за Єврокодами або за національними нормами і змішане їх застосування не дозволяється.

Тому на теперішній час з усієї таблиці, застосовується практично лише одна проектна температура – 500 °С.

Проте, наказом №155 від 14 червня 2016 року Мінрегіону України був введений у дію стандарт ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 «Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість», який вступає у силу з 01 квітня 2017 року.

Цим стандартом встановлюються основні вимоги щодо розрахунку вогнестійкості сталевих конструкцій будівель і споруд. Він охоплює основні європейські підходи до проектування і розрахунку сталевих конструкцій, які викладені у Єврокод 1 і Єврокод 3. Він розглядає альтернативні режими пожеж, а також дозволяє аналізувати вогнестійкість сталевих конструкцій як з вогнезахисними матеріалами, так і без них. До речі, до розробки цього стандарту також долучилися і фахівці Черкаського інституту пожежної безпеки – Отрош Юрій Анатолійович та Ковальов Андрій Іванович.



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

- вступає у силу з 01 квітня 2017 року.
- охоплює основні європейські підходи до проектування і розрахунку сталевих конструкцій, які викладені у Єврокод 1 і Єврокод 3.

Суть методу визначення вогнезахисної здатності за стандартом ДСТУ Б В.1.1-17:2007 практично є визначення коефіцієнтів  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  і  $a_7$  для рівняння числової регресії: (  $a$  саме в екстраполяції масиву даних отриманих в результаті випробувань у лінійну функції трьох перемінних)

$$t = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d \cdot \delta + a_3 \cdot T + a_4 \cdot d \cdot T + a_5 \cdot T \cdot \delta \cdot d + a_6 \cdot T \cdot \delta + a_7 \cdot \delta,$$

де:

$t$  – час досягнення проектної температури, хв.;

$d$  – суха товщина покриття, мм;

$\delta$  – зведена товщина металу, мм.  $\delta = 1000 / (A_m / V)$

$T$  – проектна температура, °C.

При цьому існують певні обмеження:

- екстраполяція може поширюватися не більше ніж на 5% сухої товщини покриття від граничних значень, які були під час випробування. І не більше 10 % від зведеної товщини сталевих конструкцій, що застосовувались під час випробувань.

## Стандарт ДСТУ Б В.1.1-17:2007

$$t = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d \cdot \delta + a_3 \cdot T + a_4 \cdot d \cdot T + a_5 \cdot T \cdot \delta \cdot d + a_6 \cdot T \cdot \delta + a_7 \cdot \delta$$

где

$t$  – час досягнення проектної температури, хв;

$d$  – товщина сухого шару покриття, мм;

$\delta$  – зведена товщина металевої конструкції, мм,  $\delta = 1000 / (A_m | V)$ ;

$T$  – проектна температура, °C

Слід зазначити, що діапазон застосування вогнезахисних речовин, що сплучуються, практично обмежується класами вогнестійкості R-30; R-45 та R-60.

При більшому класу вогнестійкості, що потребується, - R-90 і R-120 краще застосовувати конструктивні вогнезахисні матеріали.

Так нами були проведені сертифікаційні випробування за стандартом ДСТУ Б В.1.1-14:2007 «Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-4:1999, NEQ). Проте результати економічно не привабливі. Витрата 5,2 кг на 1 кв.м вогнезахисної фарби значно дорожче, ніж застосування шпукатурки, обмотки, чи іншого конструктивного захисту.

Зокрема, у Варингтонській лабораторії в Англії були проведені випробування сольвентної фарби Amotherm Steel SB. І були отримані результати для R 120. Для зведеної товщини 6,1 мм товщина сухого шару матеріалу склав приблизно 3,5 мм, що становить 6,3 кг на 1 кв.м. без технологічних втрат.

Слід зазначити, що деякі замовники, не зважаючи ні на що, вимагають здійснити фарбування колон, мотивуючи тим, що при конструктивному вогнезахисту буде втрачатися площа приміщення, що комерційно не

бажано. Проте, не слід забувати, що якщо пофарбувати колони, то необхідно залишати місця для них для спучення.

## Результати випробувань на R120 Amotherm Steel WB

- Стандарт випробувань - ДСТУ Б В.1.1-14:2007
- Зведена товщина зразків –  $\delta=6,1$  мм
- Товщина сухого шару –  $d=2,93$  мм
- Витрата матеріалу на 1 кв.м. – 5,2 кг/кв.м.
- Отриманий результат R100

### Результати випробувань на R120 Amotherm Steel WB



## Адгезія вогнезахисних речовин, що спучуються

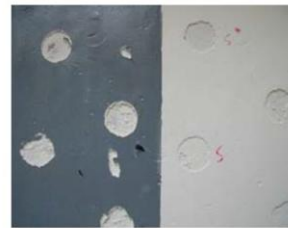
- Метод решітчастих надрізів ГОСТ 15140-78  
Вимога - 1 бал

- ISO 4624:2002 визначення адгезії методом виміру зусилля на відрив.

Вимога – зусилля на відрив повинно бути не менше 10кгс/кв.см

## Адгезія вогнезахисних речовин, що спучуються

- UNI 10898-1 «Протипожежні захисні системи. Методи перевірки обробки. Частина 1. Системи, що спучуються.



# Сертифікат відповідності

## Amotherm Steel WB

  
МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ УкрСЕПРО

Серія ВГ

### СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ

Зареєстровано в Реєстрі за № UA1.016.0036053-16  
*Зареєстрована в Реєстрі*

Термін дії з 27 вересня 2016 до 15 вересня 2018  
*Срок дієвості с*

**Продукція** **Вогнезахисна речовина 'AMOTHERM STEEL WB', що случується для сталевих конструкцій (діапазон товщин покриву від 0,21 мм до 1,25 мм, діапазон коефіцієнтів перерізу металеві конструкції від 69 м<sup>3</sup> до 320 м<sup>3</sup>)** **3824 90 70 00**  
*Продукція* код ДУП, ОКП  
на УКТ ЗЕД, ТН ЗЕД

**Відповідає вимогам** **п. 2.10, 2.17 ДБН В.1.1-7:2002 «Захист від пожеги. Пожежна безпека об'єктів будівництва» згідно з ДСТУ Б.В.1.1-17:2007 «Захист від пожеги. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності щодо класу вогнестійкості від R 30 до R 90 будівельних несучих металевих конструкцій (з три- та чотирибіччю захистом), з покриттям з вогнезахисної речовини «AMOTHERM STEEL WB»**  
*Сумісність з вимогами* **Відповідно товщині сухого шару та для проектних температур будівельної несучої сталеві конструкції від 400 °C до 650 °C (згідно з таблицями Додатків 1-4). Втрата продукції при нанесенні (без урахування технологічних втрат) не менше ніж 1,79 г/м<sup>2</sup> на 1 мм товщини покриву в сухому стані.**  
Грунтувальне покриття ГФ-021 ГОСТ 25129-82 товщиною сухого шару від 0,05 мм до 0,08 мм.

**Виробник продукції** **Фірма 'J.F. Amopp SpA/AG' (Італія),**  
*Надомовель продукції* **адреса: Via Altmann 12, 39100, Bolzano, Italy,**  
**адреса виробництва: Via Cima i Pra 7, 32014, Ponte Nelle Alpi (BL), Italy**

**Сертифікат видано** **Фірма 'J.F. Amopp SpA/AG' (Італія),**  
*Сертифікат видано* **адреса: Via Altmann 12, 39100, Bolzano, Italy**

**Додаткова інформація** **Вогнезахисна речовина 'AMOTHERM STEEL WB', що виробляється серійно з 22.09.2016 до 15.09.2018. Здійснюється технічний нагляд за виробництвом сертифікованої продукції 1 (один) раз протягом терміну дії сертифіката відповідності. Добровільна сертифікація**  
*Додаткова інформація*

**Сертифікат видано органом з сертифікації** **Державний центр сертифікації ДСНС України,**  
*Сертифікат видано органом з сертифікації* **01024, м. Київ, вул. Крутийгірський, 20/1**  
**(свідоцтво про уповноваження № UA.PH.016 від 09.12.2013),**  
**т.(044) 461-91-31, web-site: dcs.gov.ua**

**На підставі** **Звіт з перевірки виробництва продукції та оцінки системи управління якістю на відповідність вимогам ДСТУ ISO 9001:2009 від 25.04.2016 № 329 Державного центру сертифікації ДСНС України, протокол сертифікаційних випробувань від 06.09.2016 № 6/СПК-16 ВЦ ТОВ 'ТЕСТ' (атестат акредитації від 21.03.2016 № 2Н355, дієсний до 10.04.2019) (від 03.08.2011 № 7/СПК-11 ВЦ ТОВ 'ТЕСТ' (атестат акредитації від 11.04.2011 № 2Н365))**  
*На основі*

**Керівник органу з сертифікації** **В.О. Прищеп**  
*Керівник органу з сертифікації* підпис ініціали, прізвище

Чисельність сертифіката відповідності можна перевірити в Реєстрі системи УкрСЕПРО за тел. (044) 537-35-76

108 "Український" від 10.08.2014 г. 1-4

## Забезпечення пожежної та екологічної безпеки при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

УДК 614.8

Горносталь С.А., кандидат технічних наук  
Петухова О.А., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

### АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ВНЕСЕННЯ УТОЧНЕНЬ ДО МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗОВНІШНЬОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ НА ВОДОВІДДАЧУ

**Вступ.** При перевірці об'єкту та прийнятті в експлуатацію новобудови, будівлі після реконструкції або капітального ремонту передбачається проведення випробувань на водовіддачу. Їх метою є визначення максимальної кількості води, яку можна отримати з мережі на потреби пожежогасіння, фактичного тиску в мережі та порівняння цих значень з нормативними. Багато авторів приділяють увагу особливостям визначення водовіддачі водопровідних мереж. Так, наприклад, в роботах [1, 2] розглянуто вплив негерметичності ділянок трубопроводів на водовіддачу, особливостей конфігурації мереж. Показано, що ці фактори значно впливають на фактичну водовіддачу мережі та можливість отримання з неї необхідної кількості води на потреби пожежогасіння.

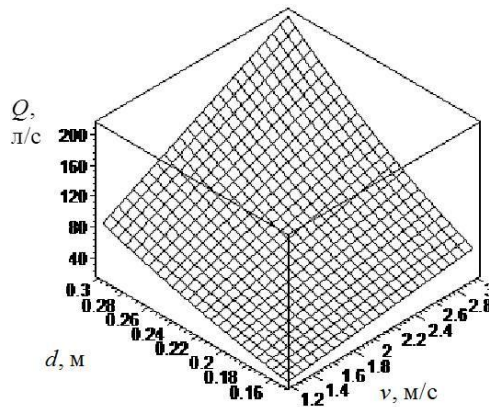
Питання підтримання робочого стану елементів системи протипожежного водопостачання в Україні регламентуються декількома нормативними документами. Норми витрат води на потреби зовнішнього пожежогасіння наведено в [3], терміни проведення випробувань та оформлення результатів в [4, 5]. Не дивлячись на це, чіткого підходу до порядку проведення випробувань водопровідної мережі на водовіддачу немає.

**Мета.** Метою роботи є проаналізувати методику проведення випробувань на водовіддачу зовнішніх водопровідних мереж та з'ясувати вимоги до її проведення, що викладені в різних документах. На основі аналізу зробити висновки щодо внесення до методики певних уточнень.

**Дослідження.** Першим етапом при проведенні випробувань на водовіддачу є визначення кількості пожежних гідрантів (ПГ), які повинні приймати участь у випробуванні. Для цього спочатку визначають нормативну витрату води. Прийнято, що від кожного ПГ можна прикласти дві рукавні лінії з витратою 5 л/с з кожної. Згідно п. 12.16 [3] при проектуванні водопровідної мережі кількість ПГ біля будівлі визначається в залежності від нормативної витрати на зовнішнє пожежогасіння та приймається: один ПГ – при витраті менше 15 л/с, два ПГ – при витраті більше 15 л/с.

Порядок дій для перевірки технічного стану пожежних гідрантів (ПГ) визначається в Інструкції [5]. Така перевірка передбачає пуск (забір) води з ПГ та надає змогу проконтролювати лише наявність води в трубопроводі. Для перевірки розрахункового тиску у водопровідній мережі передбачається по черзі встановлювати пожежну колонку на кожен ПГ. Крім цього вимогами документів передбачено визначення водовіддачі водопровідної мережі шляхом підключення пожежно-рятувальних автомобілів до ПГ та подачі води з пожежних стволів у кількості, необхідній для забезпечення розрахункової витрати води. В Інструкції [5] сказано, що треба обрати відповідну кількість пожежних стволів, але порядок її визначення не вказаний. В [6] були проаналізовані фактори, що впливають на результати випробувань, та показано, що автоматичне перенесення результатів випробувань для одного пожежного гідранту до більшої кількості може призвести до невірної висновку щодо водовіддачі водопровідної мережі.

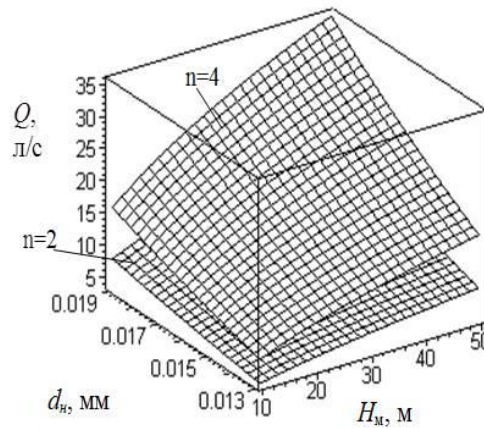
Об'єднана водопровідна мережа під час виникнення пожежі повинна забезпечити пропуск води на господарчопитні потреби та додатково на пожежогасіння. При цьому спостерігається збільшення швидкості руху води, але вона не повинна перевищувати 3 м/с. Для визначення впливу швидкості руху води та діаметру трубопроводу на водовіддачу водопровідної мережі було проведено дослідження. Результати розрахунку наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Залежність пропускної здатності трубопроводу  $Q$  від його діаметру  $d$  та швидкості руху води  $v$  при виникненні пожежі**

Аналізуючи отримані значення, бачимо: мінімальні значення витрат відповідають мінімальній швидкості води в трубопроводі. При збільшенні діаметру трубопроводу та незмінній швидкості витрата зростає. Можна констатувати, що збільшення швидкості призводить до значного збільшення витрати, яка проходить по трубопроводу.

На рис. 2 наведено результати розрахунків при проведенні випробувань на водовіддачу зовнішньої водопровідної мережі. Розрахунок проведено для пожежних стволів діаметром (13 ÷ 19) мм.



**Рис. 2. Залежність водовіддачі мережі  $Q$  від діаметру насадка пожежного ствола  $d$  та напору на стволі  $H_m$  при використанні різної кількості стволів  $n$**

З рисунку видно, що водовіддача мережі змінюється в залежності від кількості стволів, задіяних при випробуваннях, до того ж збільшення напору в мережі призводить до збільшення водовіддачі. Максимальна кількість води з мережі одержується при максимальному напорі та використанні стволів діаметром 19 мм. Це пояснюється зменшенням втрат напору на стволі та їх сумарною пропускною можливістю. Але необмежене збільшення стволів для проведення випробувань неможливо, тому що їх кількість визначається середньою пропускною здатністю одного ствола та можливою пропускною здатністю мережі. Хоча треба відмітити, що існуюча методика проведення випробувань рекомендує визначати кількість стволів виходячи лише з величини нормативних витрат на пожежогасіння, що нерідко призводить до одержання невірної визначеної водовіддачі за результатами випробувань.

Методика проведення випробувань мережі на водовіддачу передбачає визначення кількості ПГ, які повинні бути задіяні в випробування, в залежності від нормативної витрати. Так, наприклад, якщо витрата на зовнішнє пожежогасіння будівлі за вимогами [3] складає 30 л/с, в випробуванні необхідно задіяти 3 ПГ. Але отримані результати, які наведені на рис. 1 – 2, показують, що використання лише двох ПГ вже дозволяє отримати необхідну кількість води на потреби пожежогасіння. Тому пропонується кількість ПГ для проведення випробувань на водовіддачу приймати згідно вимог [3, п.12.16], тобто проводити випробування за допомогою одного або двох гідрантів залежно від нормативної витрати на пожежогасіння. При цьому кількість стволів приймати починаючи з мінімальної (за розрахунком) та закінчуючи умовою зменшення кількості води зі стволів менше їх пропускної здатності, або при зниженні тиску на мановакууметрі пожежного насоса нижче 3 м (як рекомендує [5]). Найважливішим при такій організації випробувань є час їх проведення – в години максимального водоспоживання, тобто тоді, коли забір води з мережі на господарчо-питні потреби максимальний. В такому випадку отриманні значення витрати та напору дозволять зробити правильний висновок про спроможність мережі забезпечити подачу необхідної витрати води на потреби пожежогасіння.

**Висновки.** Впровадження нових документів, які регламентують порядок та механізми взаємодії між суб'єктами, на яких покладено функції утримання, обліку та нагляду за джерелами зовнішнього протипожежного водопостачання, чітко визначає межі відповідальності окремих суб'єктів та дозволяє підвищити ефективність роботи пожежно-рятувальних

підрозділів. В роботі показано, що на фактичну кількість води, яку можна забрати з мережі при проведенні випробувань на водовіддачу, впливає характеристики та кількість задіяних стволів. Якщо вони обрані невірно, то це може призвести до невірного висновку щодо водовіддачі водопровідної мережі. Для обрання кількості стволів пропонується спиратися на вимоги [3], але при цьому чітко дотримуватися умов проведення випробувань зовнішньої водопровідної мережі на водовіддачу.

### Література

1. *Таранцев А.А.* Расчетная оценка водоотдачи тупиковых сетей наружного противопожарного водоснабжения / А.А. Таранцев, Н.Ю. Пивоваров // Пожаровзрывобезопасность. - 2012. - № 9 (21). – С. 73-78.
2. *Мисевич Ю.В.* О влиянии негерметичности гидромагистралей на их водоотдачу при тушении пожаров / Ю.В.Мисевич, О.В. Петрова, А.А. Таранцев // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2010. – Том 5, №1. – С. 13-22.
3. *Водопостачання.* Зовнішні мережі та споруди. ДБН В.2.5-74:2013. [Чинний від 01.10.2-13]. – К.: Держбуд України, 2013. – 280 с. (Державні будівельні норми України).
4. *Правила пожежної безпеки в Україні.* НАПБ А.01.001-15 [Чинний від 30.12.2014]. – Х.: Форт, 2015. – 124 с.
5. *Інструкція* про порядок утримання, обліку та перевірки технічного стану джерел зовнішнього протипожежного водопостачання. [Чинний від 15.06.2015]. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0780-15>.
6. *Горносталь С.А.* Особливості утримання та перевірки джерел протипожежного водопостачання / С.А. Горносталь, О.А. Петухова // Проблемы пожарной безопасности. - Вып.38. - Харьков: НУЦЗУ, 2015. - С. 38-42. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOffireSafety/vol38/HornostalPetuhova.pdf>.



## **РІВНІ РИЗИКІВ ГАЛУЗЕЙ ЕКОНОМІКИ ТА НАЙБІЛЬШ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДЖЕРЕЛ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В УКРАЇНІ**

Сучасна людина живе в оточенні ризиків, що створюються технологічними (техногенні ризики) і соціальними системами (соціальні ризики). Техногенез, що є процесом зміни природних комплексів під впливом виробничої діяльності людини, інтенсивно розширює межі техносфери, яка стає основним середовищем проживання людини і середовищем розподілу техногенних ризиків. У ХХ столітті предметна галузь техногенних ризиків значно розширилася. Носіями техногенних ризиків є будь-які об'єкти господарської діяльності людини, а особливо об'єкти ядерної, хімічної, металургійної та гірничовидобувної промисловості, інженерні споруди (греблі, нафтогазосховища, мости), всі види транспорту тощо. Ці ризики знаходяться в центрі уваги, оскільки на таких виробництвах зосереджена значна чисельність персоналу, або вони розташовані в густонаселених місцях.

Ризик життєдіяльності стає невід'ємним елементом соціального простору. На думку соціолога У. Бека різноманітні ризики, що супроводжують життя людини, починаючи з ХХ століття, все більше набувають глобального характеру [1]. Причиною цьому є як наслідки технократичного поступу нашої цивілізації, так і глобалізаційні процеси. Саме тому при аналізі проблем динаміки, стабільності і безпеки розвитку сучасного суспільства, у науковому середовищі набуває поширення термін «суспільство ризику». У. Бек справедливо вважає, що створення нових технологій призводить до появи нових індустріальних (техногенних) ризиків [2].

Кожний регіон держави є складною соціально-економічною та екологічною системою, функціонування якої характеризується нестійкою рівновагою через вплив значної кількості чинників політичного, економічного, екологічного характеру. Важливою властивістю такого стану є швидке виникнення та розвиток кризових економічних та екологічних явищ під впливом зовнішніх збурень через нездатність регіону протистояти їх дестабілізуючому впливу. Враховуючи експортну орієнтацію економіки України з переважним спрямуванням на видобуток та переробку великих обсягів мінеральної сировини, що в цілому призводить до значного забруднення та погіршення стану повітря, земельних ресурсів, водних джерел, в багатьох регіонах держави можливий перехід до нестійкого стану саме через вплив екологічних чинників.

Беручи до уваги, що на стан екологічної безпеки певного регіону держави впливають загрози у природному, техногенному і соціальному середовищі, пропонується для порівняльної оцінки регіонів за рівнем екологічної безпеки використовувати інтегральний показник, який би враховував оцінки шкоди життю, здоров'ю, а також економічним інтересам населення даного регіону в результаті прояву цих загроз [4].

Забруднення атмосферного повітря є одним із провідних елементів оцінки якості середовища проживання людини, що здійснює негативний вплив на її здоров'я. Сьогодні в Україні, незважаючи на певний спад виробництва, надзвичайно високим залишається забруднення повітряного середовища великих міст і промислових центрів. В результаті практично дві третини населення країни проживає на територіях, де стан повітря не відповідає гігієнічним нормативам. Проте питання щодо ступеня ризику за умов постійної тривалої дії шкідливих чинників повітряного середовища, якій піддається населення великих міст з різним профілем промисловості, залишаються відкритими [5].

Основними забруднювачами атмосферного повітря залишаються підприємства чорної металургії, теплової енергетики, вугільної, нафтогазовидобувної, цементної промисловості, викиди забруднюючих речовин яких складають майже 90 відсотків від загального обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами в Україні.

Отже, ризики виникнення нештатних і аварійних ситуацій на промислових об'єктах і системах життєзабезпечення, професійні та комплексні ризики для життєдіяльності населення України сьогодні суттєво перевищують аналогічні показники в розвинених країнах світу. Технічний стан споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж в основних галузях господарського комплексу України сьогодні досяг або досягає критичної межі, а організація й управління превентивним убезпеченням техногенної сфери є архаїчними й неефективними. Це змушує визнати, що національна система управління безпекою в цій сфері нездатна належним чином виконувати свою захисну функцію.

Сучасною методологічною основою управління техногенною безпекою є ризик-орієнтований підхід, тобто створення системи аналізу та управління ризиками як основи регулювання безпеки населення й територій, забезпечення гарантованого рівня безпеки громадянина й суспільства. Відсутність сучасного нормативно-правового і нормативно-технічного забезпечення у сфері техногенної безпеки не дозволяють розвивати в Україні відповідну систему інституційного забезпечення, яка б реалізовувала сучасні принципи безпеки, методи оцінки та управління ризиками, управління залишковим ресурсом, концепцію безпечного життєвого циклу тощо [6].

Таким чином, сьогодні перехід України на методологію управління техногенною безпекою на базі



концепції «прийняттого ризику» є актуальним і необхідним кроком у зв'язку з необхідністю підвищення рівня управління техногенною безпекою. Для цього необхідно розробити концептуальні засади впровадження концепції прийняттого ризику у сферу техногенної безпеки в державному, регіональному, галузевому та об'єктовому вимірах і визначити шляхи нормативно-правового та інституційного забезпечення такого впровадження.

#### Література

1. Бек У. Что такое глобализация?: Ошибки глобализма — ответы на глобализацию / У. Бек. - М.: Прогресс-Традиция, 2001. - 304 с.
2. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну / У. Бек. - М. : Прогресс-Традиция, 2000. - 384 с.
3. Горбулін В. П. Засади національної безпеки України: Підручник / В. П. Горбулін, А. Б. Качинський. - К.: Інтертехнологія, 2009. - 272 с.
4. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращання / А. Б. Качинський. - К. : НІСД, 2001. - 312 с.
5. Акимов В.А., Потапов Б.В., Радаев Н.Н. Сравнительная оценка безопасности регионов по статистическим данным / В. А. Акимов, Б. В. Потапов, Н. Н. Радаев // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - 1998. - № 11. - С. 78-85.
6. Іванюта С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків : монографія / С.П. Іванюта, А. Б. Качинський; Національний інститут стратегічних досліджень. - К. : НІСД, 2012. - 308 с.

## Новітні матеріали та технології в будівництві

УДК 692.02

Битько М.М., кандидат технічних наук, доцент, академік Академії будівництва України  
Бойко В.В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

### НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ – 3D-ПАНЕЛІ

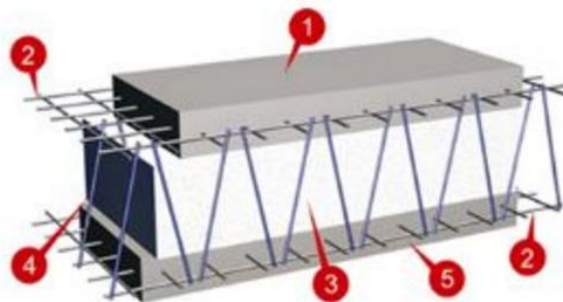
**Вступ.** Бурхливий розвиток технологій в кінці двадцятого і початку двадцятого першого століття не міг не торкнутись будівельної галузі. Основним джерелом інноваційного розвитку були і залишаються будівельні матеріали, удосконалення яких робить неможливе цілком буденним. Так, нові технології в будівництві дозволяють вже сьогодні зводити величезні прольоти мостів і великі перекриття без центральних опор – якихось двадцять років тому такі споруди могли б вважатися дивом інженерної думки. Які винаходи в будівельній галузі змінюють світ на краще вже сьогодні?

Сучасні новітні технології в будівництві поєднують в собі краще від добре зарекомендованих способів зведення будівель, і вдалим прикладом цього є технологія використання 3D-панелей. Ідея такого способу будівництва зародилась в Америці, отримала розвиток у Європі, проте в Україну прийшла із Росії.

**Мета.** Це одна з найсучасніших технологій будівництва, яка об'єднує принципи відразу двох способів зведення будівель: каркасно-панельного та монолітного.

Всі методи проектування, які застосовують для традиційних будівельних систем, системні розрахунки об'ємного планування приміщень за допомогою сучасних комп'ютерних програм завдяки 3D-панелям будуть більш доступними і простими. Саме за допомогою армованих 3D-панелей фахівці-будівельники можуть звести конструкцію практично будь-яких розмірів, складних архітектурних форм та будь-якого дизайну.

**Дослідження.** Саме сучасні швидкокомтовані енергозберігаючі будинки, яким не страшні тріщини і деформації, будують з 3D-панелей. Вони являють собою просторову фермову конструкцію, що складається із арматурних сіток та стержнів із високоякісного дроту, які приварюються під кутом до сіток, полістиролового сердечника і двох шарів бетону, що наносяться способом торкретування. При монтажі панелі «упаковують» у своєрідну оболонку з бетону. Таким чином стіни і перекриття об'єднуються в монолітну конструкцію, з утеплювачем у середині, легку, але міцну. Додаткову міцність такої конструкції надають саме поперечні діагональні стрижні, приварені до сітки з арматури з усіх боків (Рис.1).



**Рисунок1. Загальний вигляд 3D-панелі:**1-зовнішній шар торкретбетону 50-60мм, як правило класом не нижче за В20, 2-арматурна сітка із високоміцного дроту  $d=3$  мм, розмір комірки 50 x 50 мм, 3-сердечник із спіненого пінополістиролу, 4-діагональ з оцинкованого або нержавіючого дроту  $d=4$  мм, 5 – внутрішній шар торкретбетону 50 мм клас не нижче В20

Торкретована конструкція є більш надійнішою від звичайних конструкцій із залізобетону. Загальна товщина панелі складає близько 25 см. При такій товщині панелі забезпечується звуко- та теплоізоляція, що відповідає цегляній стіні товщиною 1,5м.

Пінополістирол обраний в якості сердечника не випадково. Це екологічно чистий і довговічний матеріал, що забезпечує не лише високу звуко- та теплоізоляцію, але і відмінну стійкість до займання, а значить і відповідну пожежобезпеку. Він володіє хорошим співвідношенням «ціна-якість» і зовсім байдужий до вологості. Надзвичайно легка пінополістирольна «начинка» панелі складається з повітря на 98 відсотків, що і визначає її

основні властивості. Для влаштування незнімних елементів опалубки перекриттів та стінок беруть спеціальний спінений полістирол щільністю від 15 до 25 кг/м<sup>3</sup>.

Стандартна панель розмірами 3 x 1,2 м має середню масу не більше 20 кг. Мала вага панелей дозволяє будувати теплі і затишні будинки навіть на рухливих ґрунтах, в сейсмічно-небезпечних зонах, а також надбудовувати поверхи на готових будинках без підсилення фундаментів. До речі, з легких 3D-панелей можна не тільки зводити несучі стіни, але й цоколь, перекриття, дах. Міжкімнатні перегородки з 3D-панелей володіють відмінною звукоізоляцією, на них можна повісити полиці і дзеркала без підсилення конструкції.

Для зведення будинку за даною технологією більш доцільними є два типи фундаменту – монолітний стрічковий та монолітна плита, а також обов'язкова наявність арматурних випусків із фундаменту – це арматурні стержні діаметром 10 мм, які слугують для зручності монтажу стінових панелей і запобігають їх зміщенню.

Монтаж панелей починається із кута будівлі, а потім до цього «вузла» поступово приєднують нові панелі, з метою надання конструкції необхідної жорсткості. Панелі монтується на стикувальні стержні з арматури, розташовані по всьому периметру фундаменту з кроком 0,5 м, згідно проекту. З метою забезпечення надійної жорсткості конструкції, панелі зв'язують між собою за допомогою арматурних сіток. Для формування єдиного арматурного сітчастого каркасу, всі стики панелей перекривають сполучними сітками та фіксують з'єднання в'язальним дротом, а панелі підтримують тимчасовими опорами для стійкості. Після закінчення першого етапу панелі підрізають до потрібних розмірів.

Монтаж панелей першого поверху триває 2-3 дні, в залежності від площі будівлі. По завершенні монтажу стін першого поверху зводять монолітне залізобетонне перекриття з тих же панелей. Опорні плити армують хомутами з  $d=8$  мм з кроком 20-25 см. Горизонтальність перекриття забезпечують тимчасові розпірки, вони ж запобігають зсуву конструкцій при набризкуванні торкретбетону.

Перевага даної технології полягає ще і в тому, що монтаж внутрішніх інженерних мереж виконується більш простіше і швидше, ніж при інших технологіях будівництва.

Після монтажу стін та перекриття між полістиролом та арматурною сіткою прокладають водопровідні труби, рукава під електропроводи та ін. У будинку, побудованому з 3D-панелей, рекомендується установка примусової припливно-витяжної вентиляції, оскільки спінений полістирол має дуже низьку паропроникність. Конструкціям з армованих панелей потрібен заземлений контур. Прокладання згідно проекту в стінах всіх комунікацій необхідно завершити до процесу бетонування.

Після монтажу на панель з обох її боків особливим методом наноситься бетон шаром не менше 5 см. Бетонування панелей проводиться методом торкретування: суміш з цементу, піску підводиться по шлангу і з високою швидкістю під тиском набризується на поверхню стіни. Шляхом такого «бомбардування» нанесена суміш ущільнюється. За один прохід методом торкретування можна отримати шар завтовшки 12-15 міліметрів.

Що таке торкретування? Торкретування (від латинського «tor» — штукатурка і латинського ж «cret» — ущільнення, ущільнений) — вид будівництва, в ході якого будівельна бетонна суміш наноситься шарами прямо на стіну. Торкретування здійснюється спеціальним обладнанням - хопер-розпилювачем (бункер-пістолетом) або торкрет-установкою.

Фізико-механічні властивості торкретбетону відрізняються від властивостей звичайного розчину: вища щільність (близько 2400 кг/м<sup>3</sup>), механічна міцність (40-70 МПа), водонепроникність і морозостійкість (не менше  $M_{рз}$  300). Висока адгезія торкретбетону дозволяє виконувати його укладання, використовуючи навіть односторонню опалубку.

В залежності від вибраного обладнання бетон наносять на стіни одним з двох способів. При сухому торкретуванні по шлангу подається суха суміш, на вхідній частині сопла вона з'єднується з водою і під тиском викидається на оброблювану поверхню. При цьому не потрібно попереднє замішування розчину, оскільки і за один прохід можна нанести потрібної товщини шар бетону. Покриття виходить грубим та вимагає обов'язкової обробки, зате має достатню міцність і надійно закріплюється на будь-якій основі.

«Мокрий» спосіб торкретування, при якому по шлангу подається вже готова бетонна суміш, набагато чистіший: пилу і бруду на будмайданчику буде менше. Склад бетону більш однорідний, а покриття стіни більш акуратне, ніж при сухому торкретуванні. Крім того, виготовлений для торкретування бетон можна потім використовувати для інших робіт.

В кінці будівництва формується система покриття, яка теж може виконуватись із 3D-панелей, до того ж будь-якої форми, згідно проекту. Влаштування даху із застосуванням таких панелей, не потребує зведення кроквяної системи, оскільки панелі можуть влаштуватись під будь-яким кутом, що дозволяє реалізувати задум архітектора. Після укладання бетону система покриття стає частиною монолітної конструкції будівлі.

Після завершення будівельно-монтажних робіт варто перейти до внутрішніх опоряджувальних робіт – влаштування підлоги, вікон, дверей, фарбування, облицювання та ін. Зовнішнє опорядження може бути будь-яким: від «шуби» до облицювання цеглою. На такі стіни можна нанести масивне опоряджувальне покриття відразу після торкретування, воно буде надійно закріплено на фасаді будинку Рис.2.



**Рисунок 2. Загальний вигляд будинку з 3D-панелей**

**Висновок.** Таким чином, стіни, перекриття, покриття об'єднуються в єдину монолітну конструкцію. В результаті ми маємо монолітну, залізобетонну будівлю з утеплювачем в середині конструкції стіни. Бетон, нанесений на 3D-панелі та додаткове армування металеву сіткою, арматура виявиться монолітом, який виключає будь-які можливості появи тріщин внаслідок механічного чи термічного впливу. Технологія такого 3D-панельного будівництва є новою, але вже добре відпрацьована і часто використовується завдяки її універсальності, кольоровій гамі, різноманітності ефектів та стилів, а також вона дозволяє зводити будівлі в максимально стислі терміни.

### **Література**

1. Гетун Г.В., Криштоп Б.Г. Багатоповерхові каркасно-монолітні житлові будинки. К.: Кондор, 2005
2. Соколов М.Е. Научно-технический прогресс в монолитном домостроении. М.: Знание, 1989

## СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МЕТОДАМИ ТАМПОНАЖА

На сегодняшний день для шахтерских регионов существует необходимость строительства новых и эксплуатации существующих зданий и сооружений, которые вынуждены проводить на площадках со сложными инженерно-геологическими условиями, обусловленными подработанностью и обводненностью. В таких случаях для обеспечения качественного строительства необходимо применять средства защиты зданий и сооружений от неравномерных деформаций, весьма перспективным из которых является устройство надежных искусственных оснований (стабилизирующей глиношлаковой подушки) [1]. К основным преимуществам создания такого основания относятся его низкая стоимость, обусловленная использованием в качестве основного сырья закладочной смеси дешевых композиционных материалов, простота технологии, а также долговременность использования.

Выполненные исследования реологии и кинетики структурообразования глиношлаковых растворов, позволили их отнести к классу вязкопластичных жидкостей. В составе этих растворов в качестве базового сырья использовали молотый отвальный доменный шлак (ОАО «АМК»), добавкой служит бентонитовый глинопорошок, а затворителем – вода. На основании результатов проведенных исследований за 15 суток растворы достигали пластической прочности более 580 кПа и удовлетворяют основным требованиям к тампонажным материалам [2].

Этапы расчета параметров искусственного основания фундаментов сводилась к следующему: проведение геологического исследования грунтового массива на предмет определения основных зон нарушений; инженерный расчет параметров распространения глиношлакового раствора, давления нагнетания и общего объема тампонажно-закладочного раствора; выбор технологической схемы тампонажа.

Следует также отметить, что в зависимости от плана фундамента и конструктивных особенностей здания формирование искусственного основания происходит через несколько тампонажных скважин, расположенных по специальной схеме. При этом применяются следующие схемы: однорядная, двухрядная, шахматная, сотовая, секционная.

Расстояние между скважинами определяется по радиусу инъекции раствора с учетом коэффициента зонного перекрытия. Инъекция раствора в скважины в зависимости от литологического строения может выполняться заходками "снизу-вверх" с применением пакерующих устройств механического или гидравлического типа. Иногда возможно провести инъекцию раствора через загерметизированное устье скважины. Давление раствора на устье скважины необходимо устанавливать с учетом гидравлических потерь в трубопроводе, гидростатического давления жидкости в стволе скважины и перепада давления в зоне инъекции. Распространение тампонажнозакладочного раствора в горных породах происходит в трещинах, на контактах литологических слоев, в зонах гидрорасчленения. Поэтому весьма важно на стадии проектирования определить раскрытие инъекционных каналов [3].

Общий объем тампонажнозакладочной смеси определяется суммарным расходным объемом по всем скважинам с учетом коэффициента неравномерности распространения и производственных потерь.

**Цель работы** - обосновать методики проектирования тампонажа грунтов на основе анализа геологических разрезов подработанных территорий шахтерских городов с учетом их трех типов.

Для геологического разреза **первого типа** характерны покровные отложения мощностью 100 м и более. Они, как правило, представлены песчано-глинистыми грунтами. В результате разработки полезных ископаемых в грунтовом массиве образовались зоны разуплотнения, что послужило причиной снижения прочностных и увеличения фильтрационных характеристик грунта.

Вопрос инъекции вязкопластичных растворов в деформируемые зоны разуплотненных дисперсных грунтов рассмотрен в [3], где для полной стабилизации деконсолидированного массива предложено инъектирование в разуплотненную зону через скважину вязкопластичного раствора. За счет такого подхода в наиболее слабых местах грунтового массива происходит гидрорасчленение грунта, образуются разнонаправленные каналы течения, заполняемые вязкопластичным раствором, что приводит к фильтрационному уплотнению дисперсных грунтов разуплотненной зоны и их переходу из деконсолидированного состояния в консолидированное (рисунок 1, а).

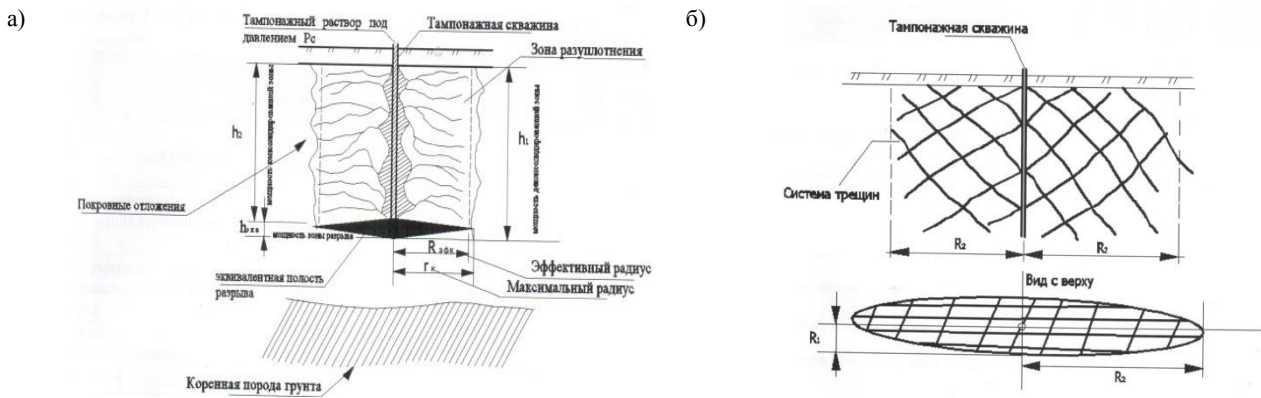


Рис. 1. Модель процесса тампонажа (на примере одной скважины) вязкопластичным раствором: а – зоны разуплотненного грунта; б – зоны с системой трещин

Модель тампонажа разуплотненной зоны характеризуется следующими параметрами [3]: мощностью деконсолидированной зоны, эффективным и максимальным радиусами распространения тампонажного раствора, эффективным давлением инъецирования, а также мощностью эквивалентной полости разрыва.

Основные формулы, по которым определяются параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры формирования искусственного основания в разуплотненных грунтах

№ п/п	Параметр	Обозначение	Формула
1	2	3	4
1.	Мощность эквивалентной полости разрыва, м	$h_{эке}$	$h_{эке} = h_1 - h_2$
2.	Мощность деконсолидированной зоны, м	$h_1$	$h_1 = h_2 \cdot \left( \frac{1 + e_1}{1 + e_2} \right)$
3.	Суммарная мощность консолидированной зоны, м	$h_2$	$h_2 = h_1 \cdot \left( \frac{1 + e_2}{1 + e_1} \right)$
4.	Радиус распространения раствора, м	$r_k$	$r_k = \frac{(P_c - P_k) \cdot \partial_0 \cdot D}{2\phi_0 - \partial_0 \cdot D \cdot \lambda_p \cdot \cos\phi \cdot \cos\delta} + r_c$
5.	Эффективный радиус распространения раствора, м	$R_{эф}$	$R_{эф} = r_k + \frac{(P_{эф} - P_k) \cdot (r_k - r_c)}{P_c - P_k}$
6.	Эффективное давление, Па	$P_{эф}$	$P_{эф} = \frac{\gamma_s \cdot (k_{\partial 1} - k_{\partial 2})}{m_0 \cdot \gamma_{d0}}$
7.	Объем тампонажного раствора (1 скважина), м <sup>3</sup>	$V_1$	$V_1 = \pi \cdot r_k^2 \cdot h_{эке} \cdot k_s \cdot k_h \cdot \alpha_3 \cdot \xi_s$

В таблице обозначено:  $\gamma$  – объемный вес скелета грунта, Н/м<sup>3</sup>;  $e$  – коэффициент пористости грунта (уплотненного и разуплотненного);  $P_c$  – давление раствора в скважине, Н/м<sup>2</sup>;  $P_k$  – давление тампонажного раствора, Н/м<sup>2</sup>;  $k_{\partial}$  – коэффициент консолидации грунта;  $k_s$  – коэффициент площадочного разуплотнения;  $k_h$  – коэффициент вертикального разуплотнения;  $\alpha_3$  – коэффициент запаса раствора;  $\xi_s$  – коэффициент, учитывающий перекрытие эффективных контуров распространения раствора.

**Второй тип** геологического разреза представлен скальными и полускальными породами каменноугольного возраста, выходящими на поверхность земли или перекрытые четвертичными отложениями незначительной мощности. Геологический разрез этого типа представлен характерными для Донбасса ритмичным чередованием песчаников, сланцев песчаных и глинистых, с подчиненными по мощности пластами известняков и углей.

Образование складчатых и разрывных форм обусловило широкое развитие эндогенной трещиноватости пород, характерной для всего разреза карбона (рисунок 1, б). В верхней части разреза развита зона выветривания, в пределах которой на эндогенную трещиноватость наложены трещины выветривания. Мощность зоны выветривания составляет 30-150 м. Наименьшую мощность она имеет в антрацитовых районах и характеризуется относительно умеренной трещиноватостью. В целом, породы зоны выветривания

характеризуються невисокою прочністю (1-50 МПа), інтенсивною трещиноватістю і високою пористістю (до 20-25%).

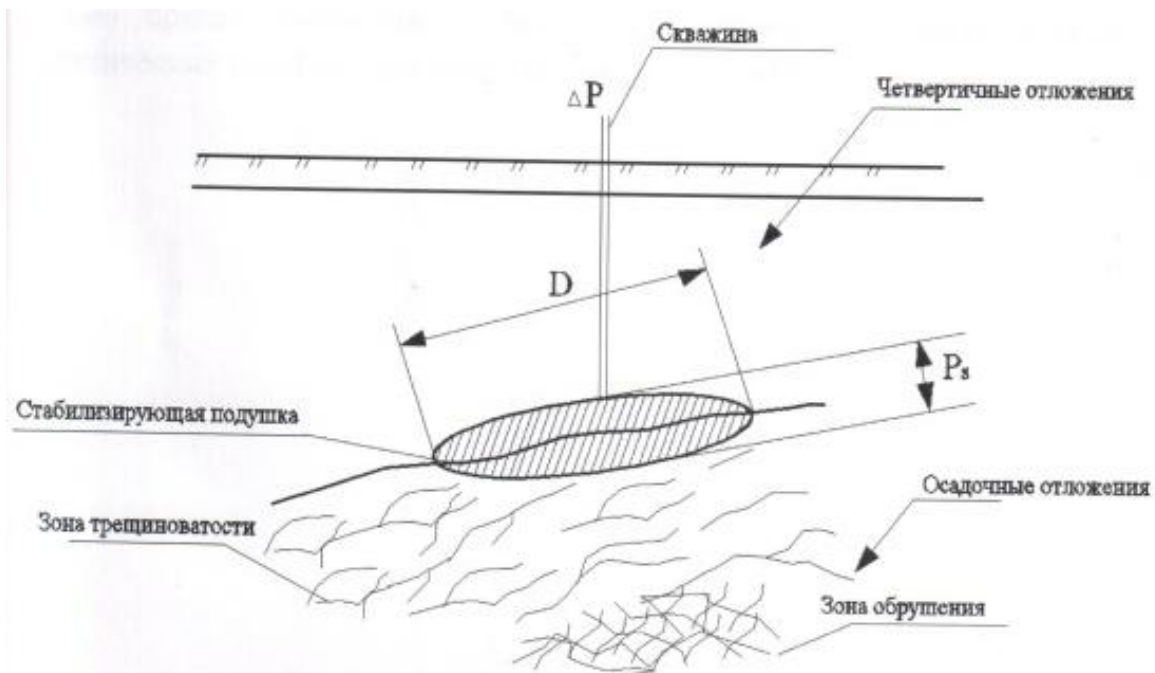
Основними параметрами формування штучного основи в трещиноватих горних породах є половини основи штучного основи  $R_1$  і  $R_2$  по кожній системі трещин, а також потрібний об'єм тампонажного розчину, розрахункові формули яких наведені в таблиці 2.

**Таблиця 2**  
**Основні параметри формування штучного основи в скальних трещиноватих грунтах**

№ п/п	Параметр	Обозначение	Формула
1.	Радиус полуоси $R_1$ , м	$R_1$	$R_1 = \frac{\alpha \cdot \delta_1 \cdot \Delta P}{2P_m}$
2.	Радиус полуоси $R_2$ , м	$R_2$	$R_2 = \frac{\alpha \cdot \delta_2 \cdot \Delta P}{2P_m}$
3.	Объем тампонажного раствора, м <sup>3</sup>	$V$	$V = \pi \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot M \cdot m_T$

В таблиці позначено:  $\Delta P$  – перепад тиску в системі «скважина – прониканий горизонт», кг/см<sup>2</sup>;  $\delta$  – відкриття трещин;  $\alpha$  – кут нахилу трещин;  $R$  – радіус розповсюдження в'язкопластичного розчину, м;  $M$  – потужність прониканої зони, м;  $m_T$  – значення скважності, д. од.

**Третій тип** геологічного розрізу зустрічається на територіях, де відбулася ліквідація вугільних шахт, з повним затопленням виробничого простору, що найбільш характерно для шахтерських міст Луганського регіону. В результаті цього, відбувається зміна трещиноватості і міцнісних властивостей, а також активізація геомеханічних процесів в трещиноватих зонах за рахунок гідродинамічного впливу. Отже, при затопленні шахт відбувається порушення геомеханічного рівноваги в масиві, що призводить до зміщення горних порід [4]. Одним з рішень буде створення стабілізуючої подушки (рис. 2) на контакті покривних і корінних відкладень з глиношлакового розчину.



**Рис. 2. Схема формування стабілізуючої подушки (на прикладі однієї скважини)**

Потужність стабілізаційної подушки, глибина її закладення вибирається в залежності від конкретних горно-геологічних умов (глибина залягання геологічних порушень, його амплітуди, зони впливу). Основні розрахункові формули параметрів формування представлені в таблиці 3.



**Основные параметры формирования стабилизирующей подушки на контакте покровных и коренных отложений**



№ п/п	Параметр	Обозначение	Формула
1.	Толщина стабилизационной подушки $P_s$ , м	$P_s$	$P_s = \frac{\alpha \cdot \Delta P_y \cdot D_B}{4[\sigma_{сж}]}$
2.	Диаметр создаваемого слоя, м	$D_B$	$D_B = \alpha \cdot k(2R_2 + \Delta R)$
3.	Объем тампонажного раствора (1 скважина), м <sup>3</sup>	$V$	$V = \pi \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot P_s \cdot k_s \cdot k_h \cdot \alpha_3 \cdot \xi_s \cdot m_T$

В таблице обозначено:  $\alpha$  – коэффициент перегрузки, учитывающий неоднородность массива, в практических расчетах равен 1,1 – 1,5;  $\Delta P_y$  – максимальное давление нагнетания тампонажного раствора, МПа;  $D_B$  – диаметр создаваемого слоя, м;  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на скалывание затампонированной породы, в практических расчетах принимается равным 2 – 3МПа.

**Выводы:** полученные основные параметры формирования искусственного основания позволяют, в разных геологических условиях, создавать стабилизирующую подушку, которая способствует увеличению прочности основания, а также дает возможность управлять напряженно-деформированным состоянием горного массива, за счет напорной инъекции глиношлаковых растворов.

**Список литературы**

1. Должиков П. Н. Новые геомеханические процессы и их нейтрализация на подработанных территориях Донбасса / П. Н. Должиков // Вестник МАНЭБ т.13. – 2008. – №4. – С. 108-111.
2. Кипко Э. Я. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: учеб. пособ. / [Э. Я. Кипко, П. Н. Должиков, Н. А. Дудля, А. Э. Кипко и др. – 2-е изд., перераб. и доп.]. – Днепропетровск: Национальный горный ун-т., 2004. – 367 с.
3. Должиков П. Н. Физика движения вязкопластичных тампонажных растворов: монография / П. Н. Должиков, А. Э. Кипко. – Донецк: Вебер, 2007. – 238с.
4. Должиков П. Н. Гидроактивизация деформаций породного массива при закрытии шахт: монография / П. Н. Должиков, А. Э. Кипко. - Днепропетровск: "Журфонд", 2015. - 216 с.