

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З ДИСЦИПЛІНИ  
«ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ,  
ЗАХИСТ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД»**

**Харків - 2015**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд 9 квітня 2013 р., протокол № 11.

Методичні вказівки до лабораторних робіт рекомендовані для підвищення ефективності підготовки студентів усіх форм навчання за спеціальностями 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво» та 7.07010801 «Залізничні споруди та колійне господарство».

Укладач  
доцент О.А. Калінін

Рецензент  
доцент С.М. Кудренко

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1**

### **Визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту**

**Мета роботи:** Засвоїти методику розрахунку оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту.

#### **Завдання**

1 Вивчити особливості формування структури бетону на макро-, мезо-, мікрорівні та впливу структурних характеристик на міцнісні, деформаційні та фільтраційні характеристики бетону.

2 Ознайомитися з програмою підбору складу бетону ПСБ-1 УкрДУЗТ та навчитися розраховувати склади бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту.

#### **1. Загальні положення**

Багато залізобетонних конструкцій, що експлуатуються (водопропускні труби, прогонові споруди, обробки труб і тунелів) не досягли розрахункових строків служби, але їх несуча здатність та інші експлуатаційні властивості досягли межі або навіть вичерпані. Це пов'язано з недосконалістю традиційних способів підбору складу бетону. Традиційні способи підбору важкого бетону є розрахунково-експериментальними та базуються на двох основних закономірностях, згідно з уявленням, яке встановлюють технологічні (реологічні), міцнісні, деформаційні, фільтраційні характеристики бетону. Цими закономірностями вважається водопотреба, яка виражає залежність від витрати води показників зручноукладальності бетонної суміші – рухливості та жорсткості, та закон водоцементного відношення В/Ц, який визначає міцність, морозостійкість, водонепроникність бетону.

Рухливість ОК (осідання конуса), см, оцінюється для рухливої бетонної суміші осіданням стандартного конуса із неї під дією власної ваги.

Жорсткість,  $c$ , оцінюється для жорсткої суміші та виражається часом розтікання стандартного конуса із неї під дією вібрації.

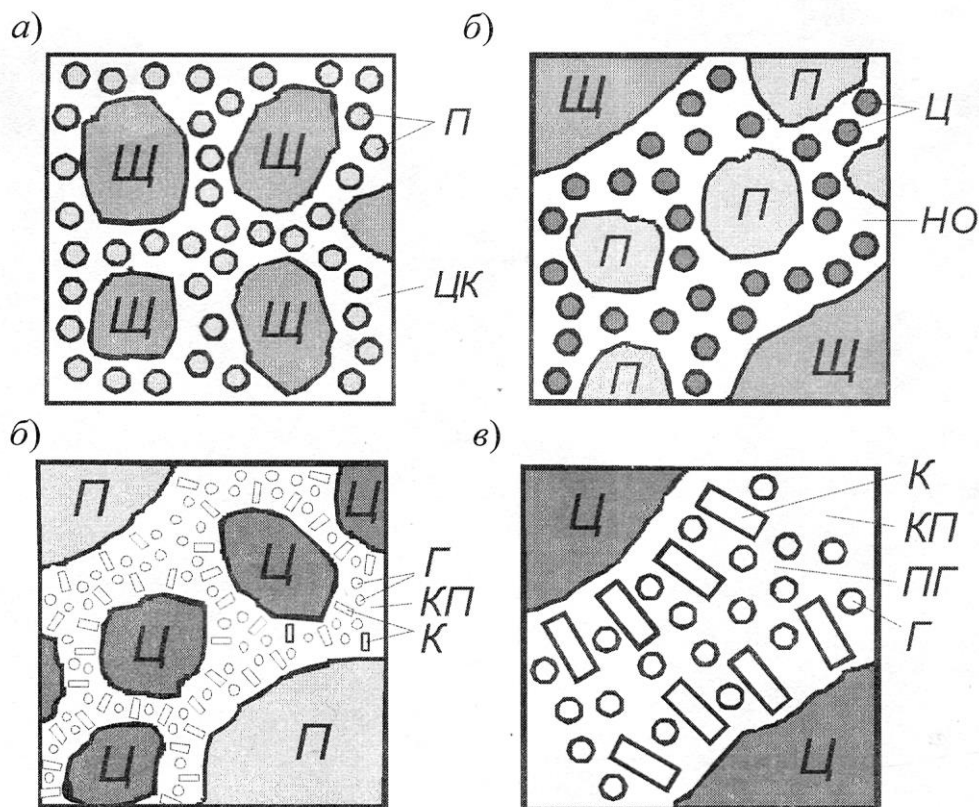
Міцність бетону оцінюється шляхом випробування бетонних зразків при короткочасному стисканні, при цьому бетон проявляє в основному властивості пружного твердого тіла. Фільтраційні властивості бетону, наприклад, водонепроникність, оцінюється за тиском, при якому вода протискається крізь бетонний зразок протягом короткого інтервалу часу, який не перевищує 2-3 доби.

Визначення та формули водоцементного відношення є статично узагальненими залежностями, які не відображають закономірностей формування оптимальної структури бетонної суміші та бетону в повному обсязі та не дають змоги забезпечити стабільно високу густину, непроникність, недеформованість бетону при забезпеченні міцності, зручноукладальності та економії цементу, які вимагаються. Використовувані способи короткочасних випробувань з визначенням міцнісних, деформаційних та фільтраційних характеристик бетону не відображають його дійсних довготривалих властивостей та у свою чергу не дають змоги забезпечити стабільну довговічність конструкції із нього, особливо тонкостінних та довгомірних, що згинаються. При цьому головними факторами, які знижують довговічність, є змінення властивостей міцності бетону протягом тривалої експлуатації, його довготривала повзучість та безнапірна проникність.

Вирішення цієї проблеми є можливим на основі кількісних уявлень, що розвиваються, про багаторівневу структуру бетону та вплив макро- і мікроструктурних характеристик на міцнісні, деформаційні та фільтраційні характеристики, як початкові, що визначаються в короткі строки випробувань, так і протягом тривалої експлуатації. Ці характеристики забезпечуються в цементному камені, розчині або бетоні, ще на стадії приготування сумішей. Як показали багаторазові випробування, вони залишаються визначними протягом тривалої експлуатації бетонних та залізобетонних конструкцій. У відповідності до цих уявлень структура бетону є полідисперсною, у якій поєднуються різні рівні структури – макро-, мезо-, мікро- та субмікро-. Вони

відрізняються розмірами структуроутворювальних елементів (СЕ) (рисунок 1).

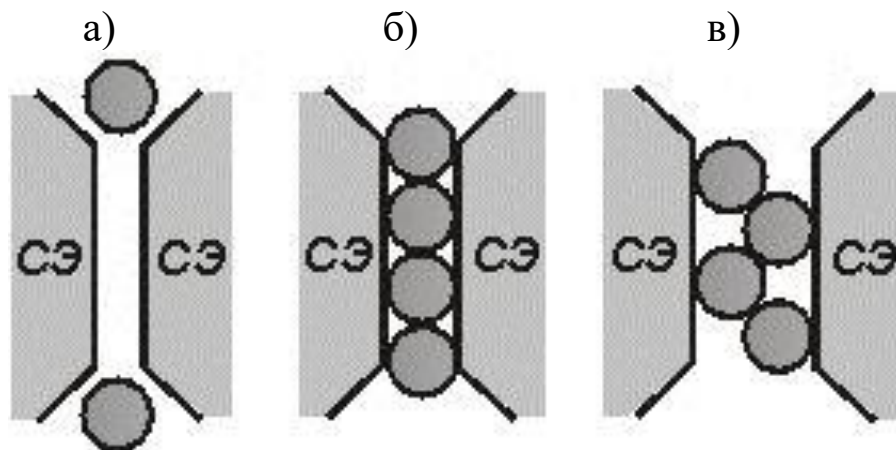
Зерна крупного заповнювача як СЕ (далі щебеню) мають найбільш характерні розміри 10-15 мм і представляють макрорівень бетону. Відповідно дрібного заповнювача (піску) – 0,2-0,5 мм – мезорівень, цементні частки 10-50 мкм – мікрорівень ( $1 \text{ мкм} = 10^{-3} \text{ мм}$ ). Субмікрорівень структури представляють частки кристалогідратних 10-1000 нм (середній розмір 450 нм) та гелеподібних 10-100 нм (середній розмір 55 нм) продуктів гідратації ( $1 \text{ нм} = 10^{-3} \text{ мкм}$ , або  $10^{-6} \text{ мм}$ , або 10 А). Дисперсним середовищем є вода, яка, як відомо, стає фізико-хімічно зв'язаною. Структуроутворювальні елементи в залежності від їх розмірів та кількісного співвідношення формують структуру цементного каменю, розчину та бетону на кожному рівні.



а – макро-, б – мезо-, в – мікро-, г – субмікро-;  
 Щ – зерна крупного заповнювача; П – зерна дрібного заповнювача; Ц – цементні частки; К, Г – кристалогідратні та гелеві продукти гідратації

Рисунок 1 – Схема структури бетону за рівнями

Особливе значення для формування властивостей бетону має характер розміщення більш дрібних часток у прошарку між більш крупними та число контактів, які виникають між частками (рисунок 2).



а, в – неоптимальні, б – оптимальна  
Рисунок 2 – Еквівалентна схема прошарку між  
структуруювальними елементами СЕ

Характер структури на мезорівні визначається співвідношенням кількості та розмірів часток цементу та зерен піску (коефіцієнтом розсунення зерен піску цементним тістом  $\mu$ ), а на макрорівні – співвідношенням кількості та розмірів зерен піску й щебеню (коефіцієнтом розсунення зерен щебеню розчином  $\alpha$ ).

Максимальна міцність, непроникність, мінімальна повзучість бетону досягається у тому випадку, якщо в прошарках між зернами щебеню (піску) формується в середньому один повний ряд зерен піску (часток цементу). Коли кількість більш дрібних зерен (часток) менше від оптимального, формується їх неповний ряд у прошарку між більш крупними зернами, коли їх кількість перевищує оптимальну, формується їх другий неповний ряд. У цих випадках, як видно з рисунка 3, кількість контактів між частками і густина упаковки більш дрібних часток зменшується, що призводить до зменшення міцності та густини.

Структура на мікрорівні визначається водоцементним відношенням В/Ц. На рисунку 3 показана експериментальна залежність міцності R цементного каменю від В/Ц. Як видно з

графіка на рисунку 3, найбільша міцність цементного каменю відповідає значенням В/Ц, близьким до 0,25, збільшення В/Ц призводить до збільшення кількості вільної води і відповідно пористості цементного каменю, а зменшення – до зниження степеня гідратації цементу. Із цього випливає, що при визначенні складу розчину та бетону з максимальною міцністю та непроникністю необхідно приймати дійсні значення В/Ц (з урахуванням водопотреби заповнювача), близькі до 0,25. Необхідну рухливість таких складів необхідно забезпечувати шляхом використання добавки – суперпластифікатора. При такому В/Ц структура прошарків кристалогідратних новоутворень між частками цементу, що не до кінця прореагували, є оптимальною.

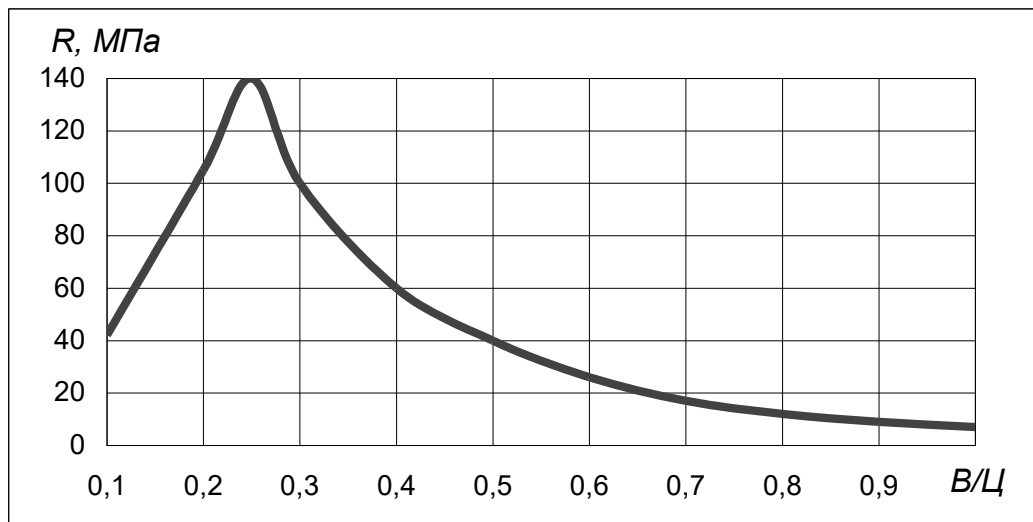


Рисунок 3 – Залежність міцності цементного каменю на 28-му добу твердіння  $R$  від водоцементного співвідношення В/Ц

З урахуванням викладеного наведено математичні вирази для оптимальних значень коефіцієнтів розсунення  $\alpha_{opt}$  та  $\mu_{opt}$ :

$$\alpha_{opt} = 2,1 \times \left( 1 + \frac{d_n^{cep}}{d_{ц}^{cep}} \right)^3 - 1,1 \quad (1)$$

$$\mu_{opt} = 2,1 \times \left( 1 + \frac{d_u^{cep}}{d_n^{cep}} \right)^3 - 1,1 \quad (2)$$

де  $d_p, d_{ш}, d_{ц}$  – характерні (середні) розміри відповідно зерен піску, щебеню і часток цементу.

З урахуванням цих формул розроблено спосіб розрахунку оптимального складу бетону, у якому витрата щебеню  $Ш$ , піску  $П$ , цементу  $Ц$  і води  $B$ , кг/м<sup>3</sup>, визначають за такими виразами:

$$Ш = \frac{1000}{\frac{\alpha_{\text{опт}} \mu_{\text{ус}}^{\text{ш}}}{\rho_n^{\text{ш}}} + \frac{1}{\rho^{\text{ш}}}}, \quad (3)$$

$$П = \frac{1000 - \frac{Ш}{\rho^{\text{ш}}}}{\frac{\mu_{\text{опт}} \mu_{\text{ус}}^{\text{п}}}{\rho_n^{\text{п}}} + \frac{1}{\rho^{\text{п}}}}, \quad (4)$$

$$Ц = \frac{1000 - Ш \left( \frac{1}{\rho^{\text{ш}}} + W_m^{\text{ш}} \right) - П \left( \frac{1}{\rho^{\text{п}}} + W_m^{\text{п}} \right)}{\frac{1}{\rho^{\text{ц}}} + (B/Ц)_{\text{опт}}}, \quad (5)$$

$$B = Ц \cdot (B/Ц)_{\text{опт}} + Ш \cdot W_m^{\text{ш}} + П \cdot W_m^{\text{п}}. \quad (6)$$

Визначають витрату добавки-суперпластифікатора:

$$СП = Ц \cdot (СП/Ц)_{\text{опт}} / 100, \quad (7)$$

де  $\rho_n^{\text{ш}}, \rho_n^{\text{п}}$  – насипна густина щебеню і піску; кг/дм<sup>3</sup>;

$\mu_{\text{ус}}^{\text{ш}}, \mu_{\text{ус}}^{\text{п}}$  – пустотність щебеню і піску;

$\rho^{\text{п}}, \rho^{\text{ш}}, \rho^{\text{ц}}$  – істинна густина піску, щебеню та цементу; кг/дм<sup>3</sup>;

$B/Ц$  – водоцементне відношення;

$W_m^{\text{ш}}, W_m^{\text{п}}$  – водопоглинення щебеню та піску,

$(СП/Ц)_{\text{опт}}$  – оптимальний вміст добавки-суперпластифікатора, %.



## 2 Приклад розрахунку оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону

Визначаємо склад бетону, що має високі міцність, тріщиностійкість і водонепроникність, з безосадової (осідання конуса  $OK \approx 0$  см) вібророзтічної (жорсткість  $J$  менша 15 с) суміші.

### 2.1 Визначення характеристик матеріалів

Вихідні дані:  $P_{ус}^{\text{ш}} = 0,49$ ,  $\rho_{\text{н}}^{\text{ш}} = 1,320$  кг/дм<sup>3</sup>,  $\rho^{\text{ш}} = 2,605$  кг/дм<sup>3</sup>,  $P_{ус}^{\text{п}} = 0,44$ ,  $\rho_{\text{н}}^{\text{п}} = 1,454$  кг/дм<sup>3</sup>,  $\rho^{\text{п}} = 2,583$  кг/дм<sup>3</sup>,  $\rho^{\text{ц}} = 3,100$  кг/дм<sup>3</sup>,  $W_m^{\text{ш}} = 0,0075$ ,  $W_m^{\text{п}} = 0,075$ .

Виконуємо просіювання піску, щебеню за фракціями, будуємо гістограми розподілу і визначаємо середні розміри найбільш представницької фракції зерен піску, щебеню й часток цементу.

Для визначення середніх розмірів найбільш представницьких фракцій щебеню та піску визначають їх фракційний склад, за даними про часткові залишки будують гістограми розподілу зерен за фракціями, за якими визначають найбільш представницьку фракцію та її середній розмір  $d^{\text{ш}}$  і  $d^{\text{п}}$  відповідно.

Наприклад, при часткових залишках на ситах з розміром отворів 25 мм – 5,2 %, 15 мм – 63,2 %, 5 мм – 30,4 %, 0,14 мм – 0,7 %, пройшло крізь 0,14 мм – 0,5 %. Гістограма розподілу зерен щебеню за фракціями буде мати вигляд, наведений на рис. 4, а, а середній розмір зерен щебеню складе

$$d^{\text{ш}} = (15+25)/2 = 20 \text{ мм.}$$

При часткових залишках на ситах з розміром отворів 5 мм – 3,0 %, 2,5 мм – 2,8 %, 1,25 мм – 9,2 %, 0,63 мм – 12,1 %, 0,315 мм – 43,2 %, 0,14 мм – 26,0 %, пройшло крізь 0,14 мм – 3,8 %. Гістограма розподілу зерен піску за фракціями буде мати вигляд, наведений на рис.4, б, а середній розмір зерен піску складе

$$d^{\text{п}} = (0,315+0,63)/2 = 0,473 \text{ мм.}$$

Середній розмір найбільш представницької фракції часток цементу  $d^m$  приймають рівним 0,05 мм.

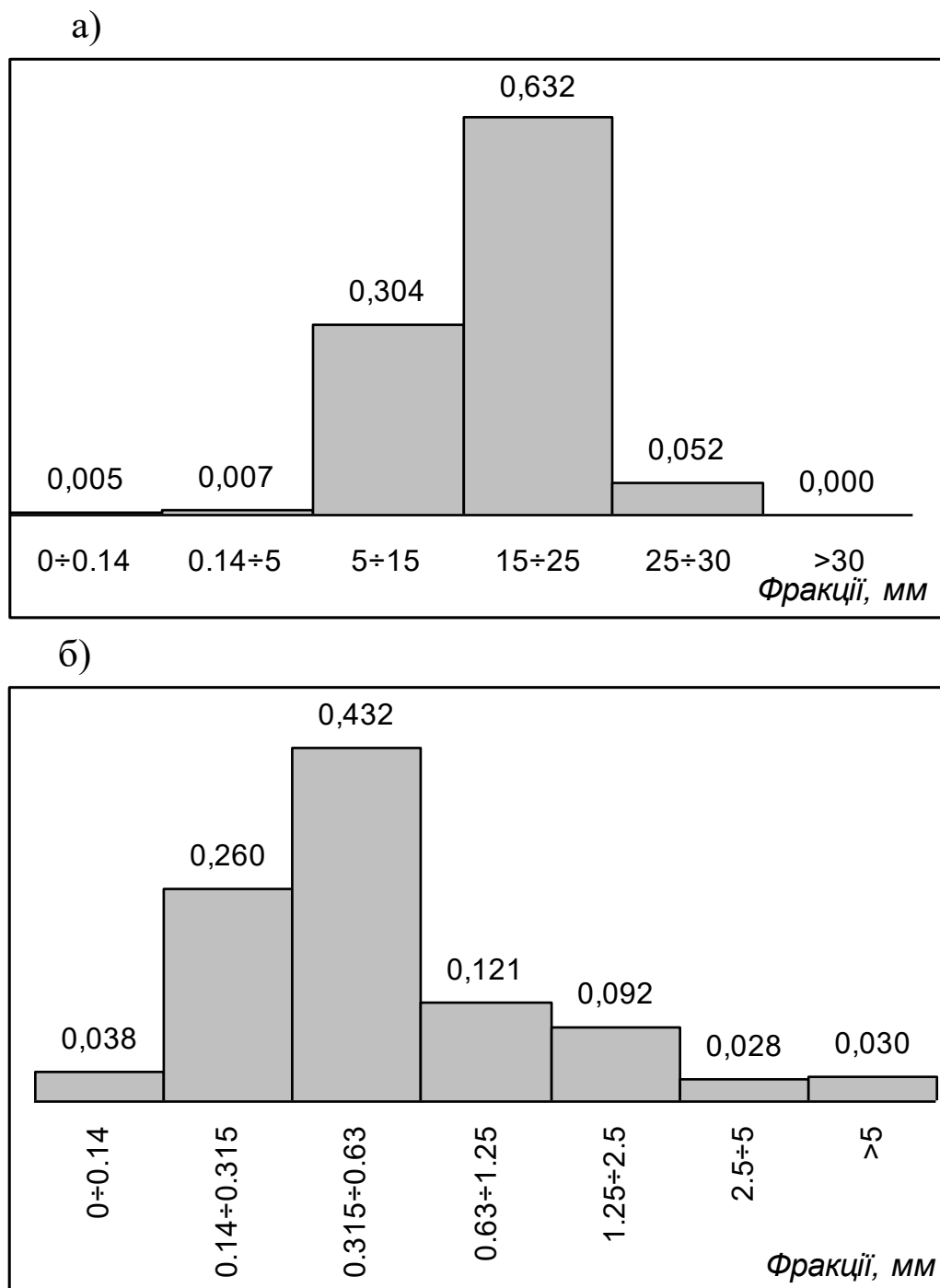


Рисунок 4 – Гістограми розподілу зерен щебеню (а) і піску (б) за фракціями

## 2.2 Визначення оптимального складу бетону

Визначають оптимальні коефіцієнти розсунення зерен щебеню  $\alpha_{\text{опт}}$  і піску  $\mu_{\text{опт}}$ :

$$\alpha_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,473}{20}\right)^3 - 1,1 = 1,15,$$

$$\mu_{\text{опт}} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{0,05}{0,473}\right)^3 - 1,1 = 1,74.$$

$$Щ = \frac{1000}{\frac{1,15 \cdot 0,49}{1,320} + \frac{1}{2,605}} = 1228 \text{ кг},$$

$$П = \frac{1000 - \frac{1228}{2,605}}{\frac{1,74 \cdot 0,44}{1,454} + \frac{1}{2,583}} = 580 \text{ кг}.$$

Визначають витрату цементу і води;

Наприклад, для  $W_m^{\text{III}} = 0,0075$  і  $W_m^{\text{II}} = 0,075$ , витрати цементу і води складуть:

$$Ц = \frac{1000 - 1228 \cdot \left(\frac{1}{2,605} + 0,0075\right) - 580 \cdot \left(\frac{1}{2,583} + 0,075\right)}{\frac{1}{3,100} + 0,23} = 455 \text{ кг},$$

$$В = 455 \cdot 0,23 + 1228 \cdot 0,0075 + 580 \cdot 0,075 = 157 \text{ л},$$

$(В/Ц)_{\text{опт}}$  – оптимальне водоцементне відношення, приймається 0,23.

Визначають витрату добавки-суперпластифікатора:

$$СП = 455 \cdot 0,3/100 = 1,36 \text{ кг},$$

$(СП/Ц)_{\text{опт}}$  – витрата добавки-суперпластифікатора приймається 0,3 %,

### 2.3 Визначення і корегування робочих складів бетону

Призначення нового робочого складу виконують, якщо за даними вхідного контролю встановлена зміна якості матеріалів, що надійшли.

Визначають витрату щебеню, піску і води в робочому складі з урахуванням фактичної вологості заповнювачів:

$$Щ = Щ_0 (1 + W^{\text{щ}}/100); \quad (8)$$

$$П = П_0 (1 + W^{\text{п}}/100); \quad (9)$$

$$B = B_0 - Щ_0 W^{\text{щ}}/100 - П_0 W^{\text{п}}/100, \quad (10)$$

де  $Щ_0$ ,  $П_0$  і  $B_0$  – витрата щебеню, піску і води відповідно для сухих матеріалів за номінальним складом, кг/м<sup>3</sup>.

Наприклад, для  $W^{\text{щ}} = 0,7 \%$  і  $W^{\text{п}} = 3,0 \%$ , витрати щебеню, піску і води у робочому складі будуть такі:

$$Щ = 1228 \cdot (1 + 0,7/100) = 1237 \text{ кг},$$

$$П = 580 \cdot (1 + 3,0/100) = 597 \text{ кг},$$

$$B = 157 - 1228 \cdot 0,7/100 - 580 \cdot 3,0/100 = 131 \text{ л}.$$

Для експериментальної перевірки стану бетону виготовляють пробну партію бетонної суміші та визначають її жорсткість. Ураховуючи особливості властивостей цементу, що використовується, та місцевого заповнювача, жорсткість бетонної суміші може відрізнятися від заданої, для цього проводять корегування розчину.

За розробленою методикою розрахунку оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту складена програма визначення складу бетону ПСБ-1 УкрДУЗТ, інтерфейс якої наведено на рисунку 5. Дана програма дає змогу в автоматичному інтерактивному режимі визначати склади бетонної суміші для різноманітних конструкцій.

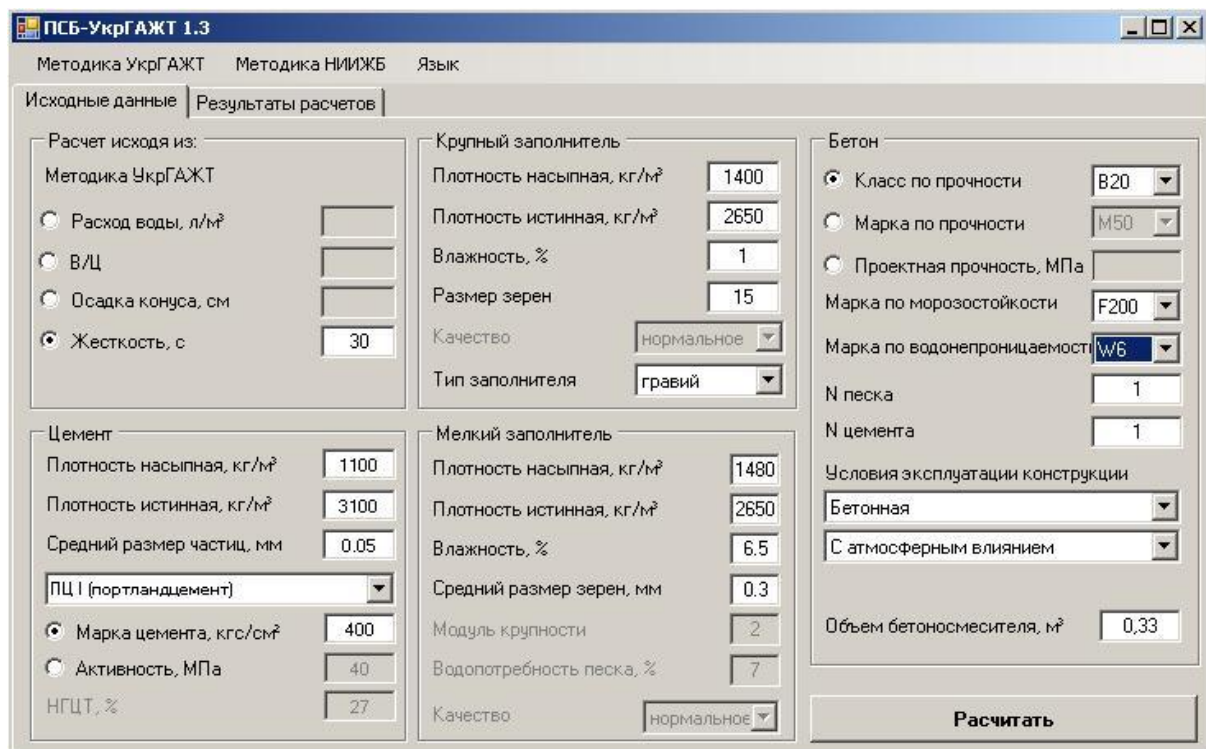


Рисунок 5 – Интерфейс програма визначення складу бетону ПСБ-1 УкрДУЗТ

### 3 Порядок виконання роботи

#### 3.1 Вивчити теоретичний матеріал і відповісти на питання

1 Причини передчасного руйнування залізобетонних конструкцій, що експлуатуються на залізничному транспорті.

2 Недоліки традиційних способів підбору складів важкого бетону.

3 Чому формули для визначення В/Ц відношення не в повному обсязі відображають закономірностей формування оптимальної структури бетонної суміші та бетону?

4 Які структурні характеристики визначають формування структури бетону на макро-, мезо- та мікрорівні?

5 Яким чином визначають середні розміри найбільш представницьких фракцій зерен щебеню та часток піску?

6 Порядок визначення оптимального складу бетону.

#### 3.2 Ознайомитися з програмою визначення складу бетону ПСБ УкрДУЗТ та розрахувати за допомогою ПЕОМ

**склад високоміцного, тріщино- стійкого і водонепроникного бетону.**

#### **4 План звіту.**

##### **4.1 Тема і мета лабораторної роботи.**

**4.2 Опис методики розрахунку складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону й дані розрахунку складу бетону за допомогою ПЕОМ.**

##### **4.3 Висновки з роботи.**

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2**

### **Ремонт пошкоджених поверхонь конструкцій із силовими тріщинами**

**Мета роботи:** засвоїти основні технологічні операції при ремонті пошкоджених поверхонь конструкцій з силовими тріщинами

#### **Завдання**

1 Вивчити основні матеріали, устаткування й технологію виконання робіт з підсилення кам'яних та бетонних конструкцій.

2 Вивчити основні матеріали, устаткування та технологію виконання робіт з підсилення цегляних конструкцій.

#### **1 Загальні положення**

Силові тріщини утворюються в результаті деформацій, зумовлених температурними розширеннями, впливом навантажень, осіданням фундаментів конструкцій, повзучістю бетону. Причинами появи тріщин є виникнення розтягувальних напружень у матеріалі конструкції, які перевищують припустимі. У подальшому тріщини можуть розвиватися далі за рахунок дії атмосферних факторів (вода, негативна температура).

Традиційні технології ремонту конструкцій (масивні мостові опори, конструкції будівель) із силовими тріщинами передбачають у залежності від характеру і величини розкриття

тріщин застосування металевих хомутів, тяжів, каркасів з рейок, швелерів, двотаврів, натяжних муфт. Застосовуються залізобетонні оболонки, сорочки, пояси на анкерах, які забиваються в конструкцію. Однак такі рішення надто трудомісткі, недешеві, інколи неприпустимі за габаритами, у багатьох випадках потребують розвантаження конструкцій, зупинки руху поїздів, застосування важкої вантажопідйомної техніки.

Технологія виконання робіт за допомогою улаштування армокам'яних полімеркомпозиційних швів, яка розглянута в цій роботі, передбачає використання нетрадиційних способів ремонту таких конструкцій з тріщинами. В основу цієї технології покладені нові принципи ремонту та утримання інженерних споруд, що полягають в виконанні робіт малочисельними бригадами (5-7 осіб), із застосуванням легкого ручного електроінструменту, легких риштовань, без зупинки руху поїздів і без використання важкої техніки. Ремонт виконується практично без руйнування існуючих конструкцій (зберігається їх первинний вигляд) і без порушення їх габаритів.

У роботі розглянуто виконання ремонту таких конструкцій з тріщинами шляхом їх підсилення за допомогою арматури з високоміцного дроту, що вклеєна в існуючі камені або блоки конструкції полімеркомпозиційним складом, а також при необхідності наступної герметизації порожнин і тріщин у конструкції суперпластифікованою цементно-водною суспензією (СПЦВС) з оптимальними характеристиками.

Ремонтні роботи виконуються в теплу пору року, при цьому середньодобова температура повинна бути не нижче +10 °С, а мінімальна температура протягом доби повинна бути не нижче 0 °С.

## **2 Основні матеріали і обладнання, що застосовують для ремонтних робіт**

### **2.1 Матеріали**

Портландцемент (марка визначається в залежності від умов роботи конструкції), епоксидна смола ЕД-20, кам'яновугільна

смола (КВС), отверджувачі УП-583Д, УП-0633М та поліетиленполіамін (ПЕПА), пісок кварцовий з модулем крупності  $M_{кр}1-3$ , суперпластифікатор С-3, мінеральна вата, розчинники, дріт високоміцний Вр-II  $\varnothing 3$  мм, арматура класу А400  $\varnothing 12-16$  мм.

Захисний склад ЗС-3М, призначений для ізоляції кам'яних, бетонних, розчинних і цементних поверхонь від дії атмосферних факторів

## **2.2 Обладнання**

Для виконання ремонтних робіт передбачається таке обладнання: перфоратор (комплектується свердлами з побідитовими наконечниками і долотом), кутова шліфувальна машина з алмазним колом для різання каменю, компресор продуктивністю близько  $0,5 \text{ м}^3/\text{хв}$ , ручний насос для нагнітання суперпластифікованої цементно-водної суспензії, легкі збірно-розбірні риштовання.

## **3 Технологія виконання робіт**

### **3.1 Ремонт кам'яних або бетонних поверхонь**

Для підсилення, забезпечення несучої здатності та гідроізоляції кам'яних конструкцій виконують армування кам'яної кладки поперек тріщин, карбування попередньо глибоко розшитих швів високоміцним розчином, нагнітання в тіло конструкції СПЦВС з метою заповнення порожнин і тріщин, покриття поверхні швів захисним складом для захисту від вивітрювання і прямого потрапляння води всередину конструкції.

Послідовність проведення робіт така:

- розчинні шви розшивають за допомогою ручного перфоратора на максимально можливу глибину ( $5 \div 10$  см); в місцях, де припускають наявність порожнин, просвердлюють шпари для установлення ін'єкторів (рисунок 1);





Рисунок1 – Глибока розшивка швів за допомогою перфоратора

- в каменях виконують пропили на глибину 3÷6 см за допомогою кутової шліфувальної машини, яка оснащена спеціальним алмазним колом для різання граніту (довжина пропилю – 50 см, ширина – 0,3 см), продувають пропили стиснутим повітрям, а нижче їх рівня виконують карбування шва цементно-піщаним розчином оптимального складу (рисунок 2);



Рисунок 2 – Виконання пропилів у каменях кутовою шліфувальною машиною

- виготовляють епоксидний компаунд для замонолічення арматури. Для замонолічення арматури в пропилі застосовують епоксидний компаунд, що має адгезійну міцність до матеріалу конструкції не менше 45 МПа. До складу епоксидного компаунда

входять: епоксидна смола, отверджувач, розчинник, портландцемент ;

- у пропили, які попередньо заповнюють епоксидним компаундом, встановлюють високоміцний дріт діаметром 3 мм довжиною 40-50 см по 6÷11 штук в один пропил. При встановленні кожного наступного стрижня в пропил додають компаунд, а після закінчення установлення стрижнів пропил чеканять епоксидним компаундом з наповнювачем із мінеральної вати для запобігання стіканню (рисунок 3);

- в підготовлені шпари встановлюють ін'єктори, а шви, що залишилися, карбують цементно-піщаним розчином оптимального складу (рисунок 4). Схема армування тріщини наведена на рисунку 5;



Рисунок 3 – Встановлення високоміцного дроту у пропил

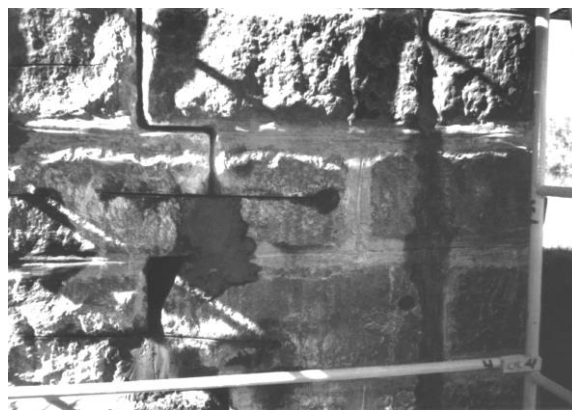


Рисунок 4 – Підготовка кам'яної кладки до підсилення

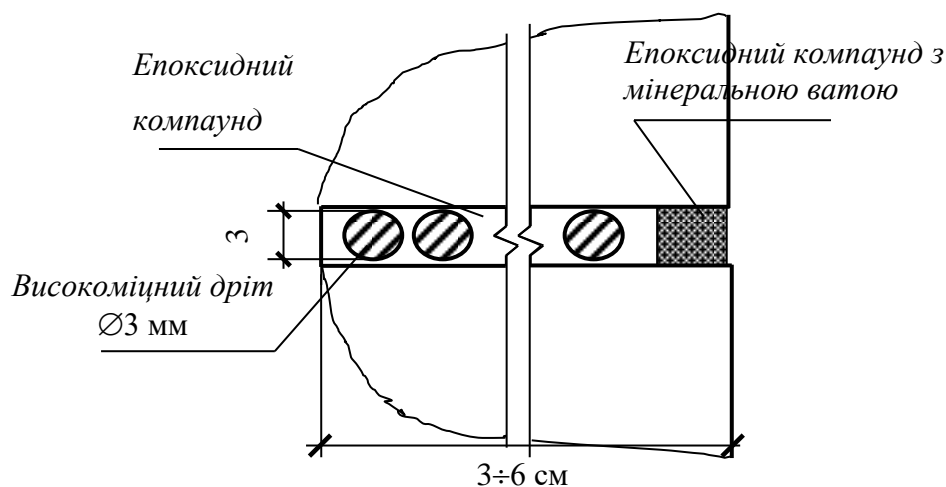


Рисунок 5 – Схема армування тріщини в кам'яній кладці (розріз)

- через ін'єктори проводять нагнітання СПЦВС ручним насосом з метою заповнення порожнин і тріщин (рисунок 6).

- поверхню бетонних конструкцій або поверхню розчинних швів у кам'яних конструкціях покривають захисним складом ЗС-3М вручну або пневматичним способом у два шари.



Рисунок 6 – Нагнітання СПЦВС за допомогою ручного насоса

### **3.2 Ремонт цегляних поверхонь**

Для підсилення, забезпечення несучої здатності та гідроізоляції цегляних конструкції виконують армування цегляної кладки поперек тріщин за допомогою арматурних стрижнів.

Послідовність проведення робіт така:

- розчинні шви між цеглою, у зоні тріщини, розшивають за допомогою перфоратора; в місцях, де припускають наявність порожнин, установлюють ін'єктори;

- у цеглі або в цегляній кладці виконують пропили на глибину 5÷7 см за допомогою кутової шліфувальної машини, (довжина пропилю – 250-300 см, ширина – 1,2-1,8 см, продувають пропили стиснутим повітрям (рисунок 7);

- у пропили, які попередньо заповнюють епоксидним компаундом, установлюють арматуру діаметром 12-16 мм довжиною 250-300 см по 4÷6 шт. в один пропил. При встановленні кожного наступного стрижня в пропил додають

компаунд, а після закінчення установлення стрижнів пропили чеканять епоксидним компаундом з наповнювачем із мінеральної вати для запобігання стіканню (рисунок 8);

- у підготовлені шпари встановлюють ін'єктори і проводять нагнітання СПЦВС ручним насосом з метою заповнення порожнин в тріщини і в стіні.



Рисунок 7 – Виконання пропилів у конструкції



Рисунок 8 – Встановлення арматурних стрижнів у пропили

## **4 Порядок виконання роботи**

### **4.1 Вивчити теоретичний матеріал і відповісти на питання**

1 Причини виникнення силових тріщин у конструкціях.

2 Перелічити основні традиційні способи ремонту конструкцій із силовими тріщинами та їх недоліки.

3 Назвати переваги ремонту конструкцій із силовими тріщинами за допомогою улаштування армокам'яних полімеркомпозиційних швів.

4 Перелічити основні матеріали та обладнання для виконання ремонтних робіт.

5 Навести порядок виконання робіт з ремонту кам'яних та бетонних поверхонь.

6 Навести порядок виконання робіт з ремонту цегляних поверхонь.

### **4.2 Ознайомитися за допомогою демонстраційного макета з технологією виконання робіт**

## **5 План звіту**

### **5.1 Тема і мета лабораторної роботи.**

**5.2 Короткий опис основних технологічних операцій, які виконуються при ремонті конструкцій із силовими тріщинами за допомогою улаштування армокам'яних полімеркомпозиційних швів.**

### **5.3 Висновки з роботи.**

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

### Ремонт пошкоджених конструкцій за допомогою металоін'єкційної обойми (сорочки)

**Мета роботи:** ознайомитись із технологією улаштування металоін'єкційних обойм (сорочок) при ремонті пошкоджених кам'яних, бетонних та залізобетонних поверхонь.

**Завдання:** вивчити основні причини пошкодження обводнених конструкцій та матеріали, устаткування й технологію виконання робіт з улаштування металоін'єкційних обойм (сорочок).

#### 1 Загальні положення

Сталебетонні конструкції (бетон у сталевій обоймі) мають набагато більшу несучу здатність, надійність і довговічність, ніж аналогічного перерізу залізобетонні. Застосування каркасів промислових будинків зі сталебетонних конструкцій ефективніше, ніж використання традиційних сталевих і залізобетонних каркасів. Найбільш ефективним є застосування товщини зовнішнього сталевих листа товщиною 2-4 мм.

Сталебетонні конструкції при цьому витримують значні стискаючі навантаження, тому що сталевий зовнішній лист розташований у зоні максимальних напруг, він має набагато велику площу перерізу, ніж відділені арматурні стрижні, при цьому збільшуються площа бетонного ядра і його міцність в умовах об'ємного напруженого стану (обтиснення сталевією обоймою).

Максимальне підсилення, надійність і корозійну стійкість забезпечує тільки сталебетонна обойма, установлена на анкерах, з високоміцним бетоном у ядрі. Однак бетонування такої обойми не можливе через невеликий зазор між обоймою і поверхнею очищеного бетону.

Можливість створення такої обойми виникла в зв'язку зі створенням на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій і споруд УкрДУЗТ суперпластифікованої цементно-водної суспензії (СПЦВС), що має більш високу проникаючу здатність у зазначені зазори й пошкоджену поверхню бетону (у тому числі

при тиску і витримці при відмовленні), і високу міцність каменю – близько 50 МПа – за рахунок низького водоцементного відношення В/Ц (0,32).

Захист від корозії зовнішньої недоступної грані сталеві мембрани забезпечується лужним середовищем СПЦВС, внутрішню доступну грань слід захищати від корозії за допомогою захисних покриттів і захисних конструкцій із бетону, цегляної або кам'яної кладки, причому бетон і розчин повинні бути щільними, з високою витратою цементу.

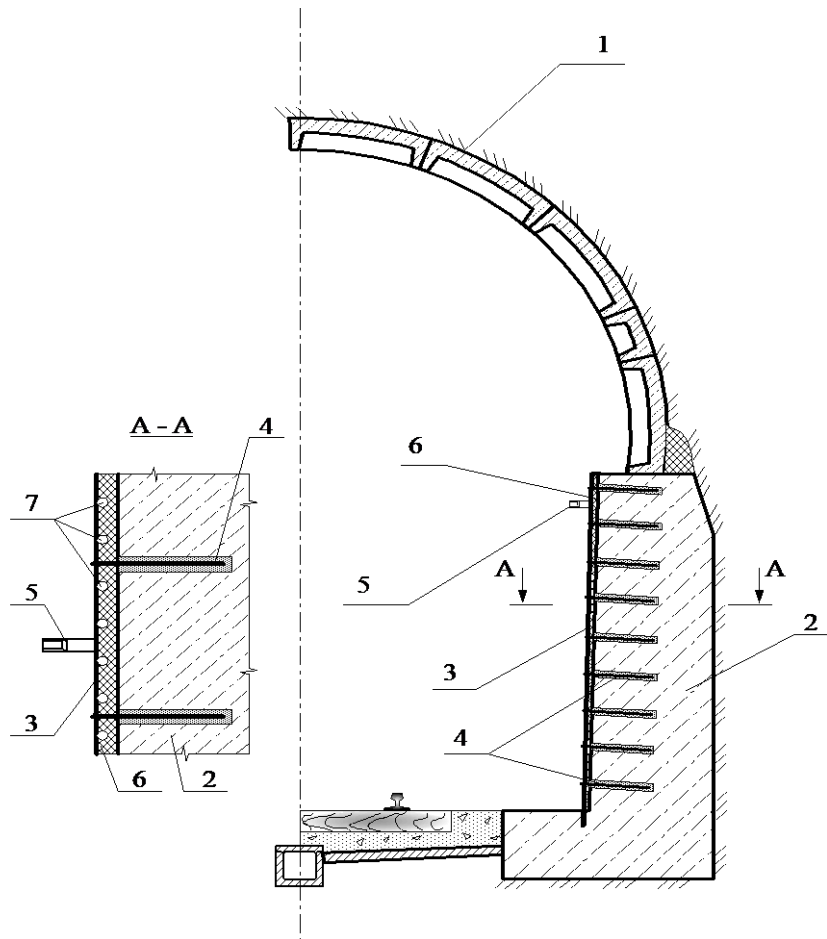
## **2 Ремонт пошкоджених поверхонь стін за допомогою металоін'єкційної сорочки**

При високому рівні ґрунтових вод, що досягає підшви фундаментів будівель та споруд, рекомендується вживати всіх можливих заходів з водопониження.

При потраплянні ґрунтових вод у підвальні приміщення будівель та підземні споруди і неможливості відновлення гідроізоляції традиційними методами і матеріалами рекомендується їх внутрішня гідроізоляція металоін'єкційною сорочкою. Конструкція металоін'єкційної сорочки для ремонту стін наведена на рисунку 1.

Підсилення стіни металоін'єкційною сорочкою виконують у такій послідовності:

- установлення фактичного розташування арматури в стіні (якщо вона залізобетонна) за допомогою електромагнітного приладу та шляхом розкриття захисного шару;
- розмітка та нарізання сталевих листів з розмірами, що відповідають схемам їх розкладання на рисунку 2;
- приварювання з боку листа, що буде повернутий до конструкції, вертикальних фіксуючих стрижнів з періодичної арматури довжиною  $\frac{2}{3}$  від висоти листа, діаметром 10 мм для забезпечення мінімального зазора між листами і стіною;
- хімічне, піскоструминне або гідропіскоструминне очищення поверхні листів;
- нанесення на поверхню листів, що буде поверненою всередину, першого шару антикорозійного складу ЗС-3;



- 1 – існуюча обробка; 2 – стіна; 3 – мембрана із листової сталі;  
 4 – анкери; 5 – ін'єкційний штуцер; 6 – СПЦВС;  
 7 – стрижні з арматурної сталі

Рисунок 1 – Конструкція металоін'єкційної сорочки для ремонту стін

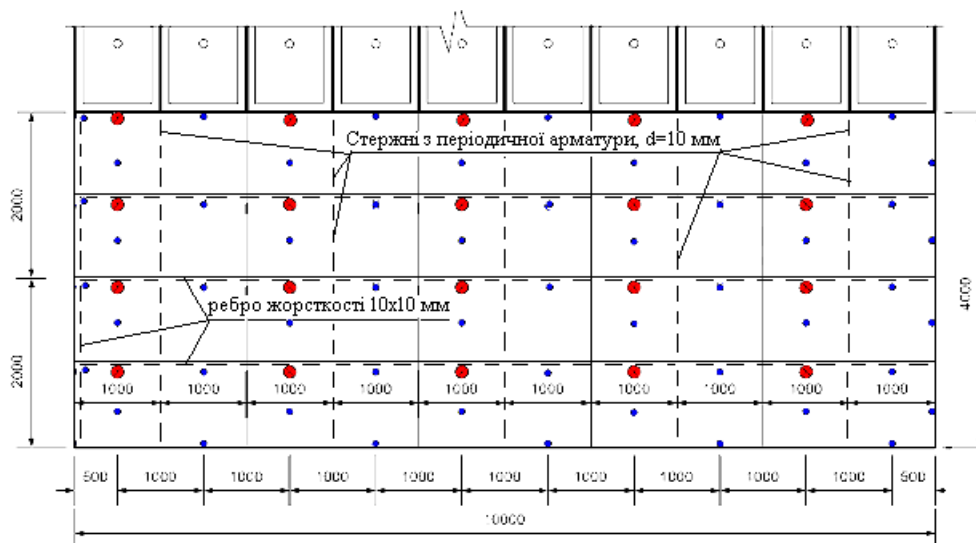


Рисунок 2 – Схема розкладання сталевих листів у горизонтальному напрямку і розташування ін'єкційних штуцерів



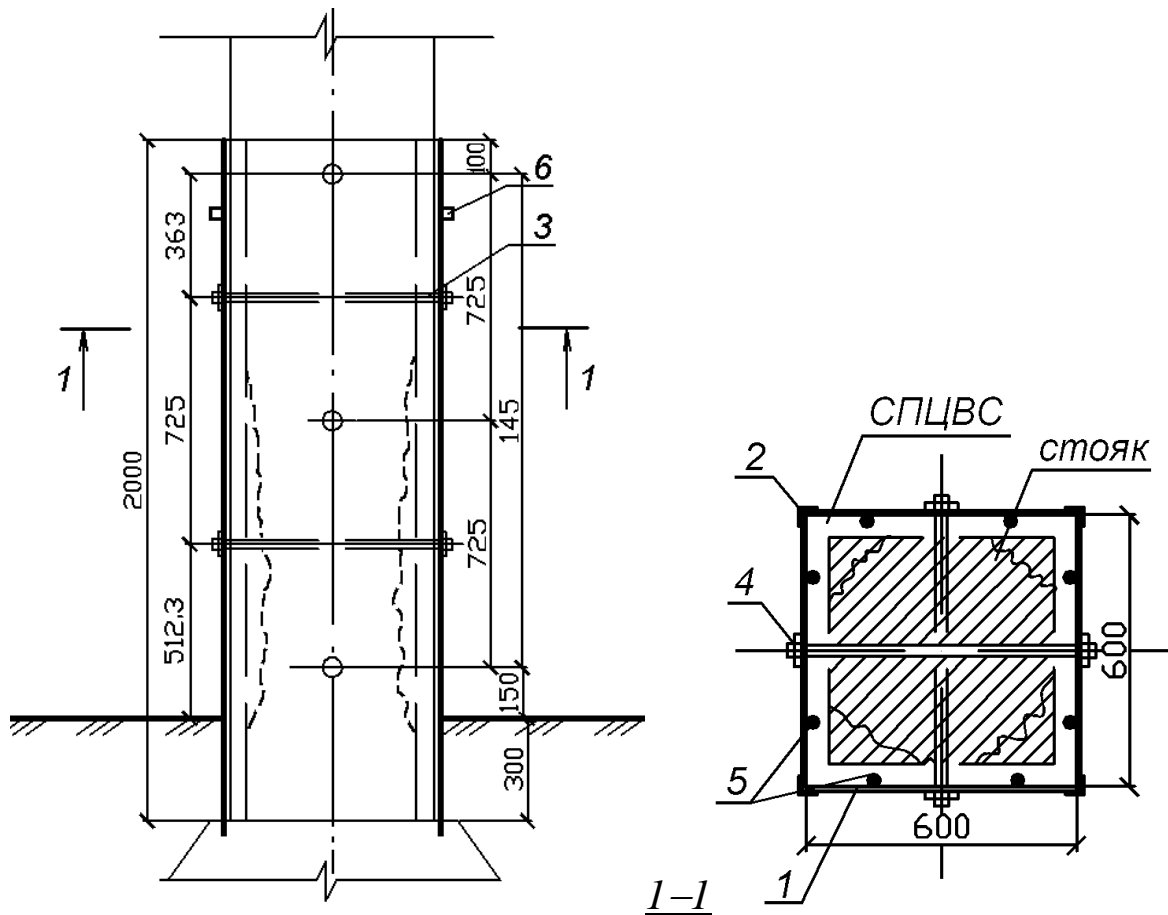
- підготування поверхні стіни за допомогою перфоратора – зрубівання нерівностей, механічне очищення, насічка;
- пробивання отворів у конструкції через отвори в листах за допомогою перфоратора у відповідності зі схемою на рисунку 2;
- заготовлення стрижнів для анкерів, їх обмазування епоксидною композицією та забивання в конструкцію через отвори в листах;
- зварювання листів між собою суцільним швом за допомогою зварювального напівавтомату, їх приварювання до анкерів, обрізання анкерів урівень із зовнішньою гранню листів та вварювання ін'єкційних штуцерів у відповідності до схеми на рисунку 2;
- установа на ін'єкційні штуцери кульових кранів та ін'єктування СПЦВС за допомогою ручного або електричного поршневого насоса;
- знежирення та фарбування поверхні обойми металевих листів другим шаром антикорозійного захисного складу ЗС-3М.

Для запобігання випинанню металевих листів нагнітання СПЦВС виконують шарами висотою приблизно 1 м.

При виготовленні металоін'єкційної сорочки безперервними смугами листи закріплюють у горизонтальному напрямку, зварюючи їх вертикальними швами. При цьому з внутрішнього боку по верхній кромці і по краях секції зварених листів приварюють ребра жорсткості квадратного перерізу 10x10 мм.

### **3 Ремонт пошкоджених поверхонь стояків за допомогою металоін'єкційної обойми**

Розповсюдженим пошкодженням колон і стояків будівель і споруд, які експлуатуються в атмосферних умовах, є відшарування захисного шару і корозія арматури внаслідок морозного руйнування, карбонізації і сольової корозії, електрокорозії, які підсилюються вібрацією. Залізобетонні колони і стояки в цьому випадку рекомендується підсилювати металоін'єкційною обоймою (рисунок 3), що є суцільною сталевією обоймою, закріпленою анкерами до існуючої конструкції, в зазор між якою і обоймою нагнітають СПЦВС.



- 1 – сталеві листи обойми; 2 – кутники обойми;  
 3 – вклеєні анкери – наскрізні або нескрізні шпильки;  
 4 – обварені гайки; 5 – стержнева арматура періодичного профілю; 6 – ін’єкційний штуцер

Рисунок 3 – Металоін’єкційна обойма підсилення залізобетонного стояка

Обойма повинна повністю перекривати ділянку з пошкодженою арматурою з напуском на непошкоджену частину не менше, ніж на 300 мм.

Підсилення колони або стояка металоін’єкційною обоймою виконують у такій послідовності:

- розкривають обріз фундаменту, при необхідності заглиблюються в нього;
- видаляють штукатурку і пошкоджений захисний шар бетону;
- здійснюють гідропіскоструминне або гідроструминне очищення поверхні бетону і арматури);

- заготовляють деталі сталеві обійми (розмічають, нарізають листи і кутники, свердлять отвори, наварюють арматурні стрижні, здійснюють гідропіскоструминне очищення металу);

- наносять на зовнішні поверхні металу захисне покриття (рекомендується епоксидно-кам'яновугільний склад ЗС-ЗМ);

- монтують обійму, свердлячи отвори в бетоні крізь отвори в обіймі, клеюють в отвори анкери, зварюють обійму суцільними швами; відстань між анкерами і глибина їх вклеювання повинні забезпечувати мінімальне деформування листів при нагнітанні, а зварні шви повинні бути герметичними для запобігання витоку крізь них СПЦВС;

- бетонують фундаментну частину обійми бетоном оптимального складу з добавкою-суперпластифікатором С-3;

- нагнітають через ін'єкційний штуцер у зазор між металевою обіймою і поверхнею бетону СПЦВС (при виконанні робіт у холодний період року до СПЦВС додають нітрит натрію як протиморозну добавку та інгібітор корозії сталі,);

- закладають шов між обіймою і бетоном цементно-піщаним розчином оптимального складу;

- готують поверхню обійми до фарбування і наносять на неї захисне покриття (рекомендується захисний склад ЗС-ЗМ як ґрунтовка і кольоровий захисний склад ЗС-ЗМ для покривних шарів.

На рисунку 4 показана конструкція металоін'єкційної обійми у готовому вигляді.



Рисунок 4 – Відремонтовані стояки шляхопроводу за допомогою металоін'єкційної обойми

## **4 Порядок виконання роботи**

### **4.1 Вивчити теоретичний матеріал і відповісти на питання**

1 До яких пошкоджень може привести порушення гідроізоляції конструкцій?

2 Перелічити найбільш розповсюджені пошкодження колон і стояків будівель і споруд, які експлуатуються в атмосферних умовах.

3 Перелічити основні традиційні способи гідроізоляції та підсилення обводнених конструкцій та їх недоліки.

4 Назвати переваги нової технології ремонту та відновлення гідроізоляції обводнених конструкцій за допомогою улаштування металоін'єкційної обойми (сорочки).

5 Перелічити основні матеріали та обладнання для виконання ремонтних робіт.

6 Навести порядок виконання робіт з ремонту пошкоджених поверхонь стін за допомогою металоін'єкційної сорочки.

7 Навести порядок виконання робіт з ремонту пошкоджених поверхонь стояків за допомогою металоін'єкційної обойми.

## **4.2 Ознайомитися за допомогою демонстраційного макету з технологією виконання робіт**

### **5 План звіту**

#### **5.1 Тема і мета лабораторної роботи.**

**5.2 Короткий опис основних технологічних операцій, які виконуються при улаштуванні металоін'єкційних обойм (сорочок) для ремонту пошкоджених кам'яних, бетонних та залізобетонних поверхонь конструкцій.**

#### **5.3 Висновки з роботи.**

