

1. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шисиль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. – М., 1990. – 264 с. 2. Бліхарський З.Я., Стацук М.Г., Малик О.М. Моделивання корозійних руйнувань залізобетонних балок в агресивному середовищі // Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж. – Донецьк, 2003. – С. 318–324. 3. Лучко Й.Й., Глагола І.І., Козаревич Б.Л. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд. – Львів: Каменяр, 1999. – 229 с. 4. Лантух-Лященко А.І. Теоретичні засади прогнозу ресурсу залізобетонних елементів мостів // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”. – 2010. – № 662. 5. Руководство по определению диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа. – М.: НИИЖБ, 1974. – 20 с. 6. Жаростійкі антикорозійні захисні покриття для конструкційних матеріалів / М.М. Гивлюд, В.А. Свідерський, А.Б. Федунь // Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: Мат-ли III Міжн. конф. – Львів, 1996. – С. 182–184. 7. Комаровский А.А. Неразрушающий контроль прочности легких бетонов с учетом возраста и влажности / В.А. Лемешко // Строительные материалы и изделия. Реферативная информация. Сер. VII. – 1977. – С. 7–9.

УДК 624.04

Д.Г. Гладішев¹, Г.М. Гладішев²
Національний університет “Львівська політехніка”,
¹ІАРХ, кафедра архітектурних конструкцій,
²ІБІД, кафедра будівельних конструкцій та мостів

ДІАГНОСТИКА БЕТОНУ РОСТВЕРКУ ФУНДАМЕНТУ ТА ПІДГОТОВКИ ПІД МЕТАЛЕВУ РАМУ КОМПРЕСОРА

© Гладішев Д.Г., Гладішев Г.М., 2012

Наведено методи діагностики і результати досліджень міцності бетону ростверку фундаменту під компресор. Описано причини виникнення та розвитку тріщин у підготовці під металеву раму компресора. Наведено рекомендації із забезпечення надійної роботи фундаменту.

Ключові слова: ростверк, компресор, технічний стан.

In-process the resulted methods of diagnostics and results of researches of durability of concrete to the grillage of foundation are under a compressor. The described reasons of origin and development of cracks are in a sauce under the metallic frame of compressor. The resulted recommendations are from providing of reliable work of foundation.

Key words: the grillage, compressor, technical state.

Постановка проблеми. У процесі налагодження компресора AJAX OPC 2804 американської фірми COOPER COMPRESSION на компресорній станції “Держів” автори виконали дослідження технічного стану бетону підготовки та бетону ростверку пальового фундаменту під цей компресор (рис. 1).

Налагоджували компресор представники фірми COOPERR ENERGY SERVICES. Ця фірма для прийняття компресора на гарантійне обслуговування звернулася до замовника НАК „Нафтогаз України” щодо перевірки якості виконання робіт з улаштування фундаменту компресора підрядною організацією ГПУ “Львігазвидобування” з огляду забезпечення проектної міцності бетону ростверку та якості бетонної підготовки під раму компресора.

Мета та задачі досліджень. Метою дослідження було виконання робіт із визначення: класу бетону ростверку фундаменту; класу бетону підготовки під раму компресора; глибини проникнення

дефектів (тріщин) в бетоні підготовки під балками металевої рами компресора. Ці дані необхідні для визначення фактичного технічного стану ростверку пальового фундаменту, якості виконання робіт з улаштування бетонної підготовки під раму компресора в процесі її монтажу і, за необхідності, розроблення технічних рішень для забезпечення надійної роботи фундаменту.

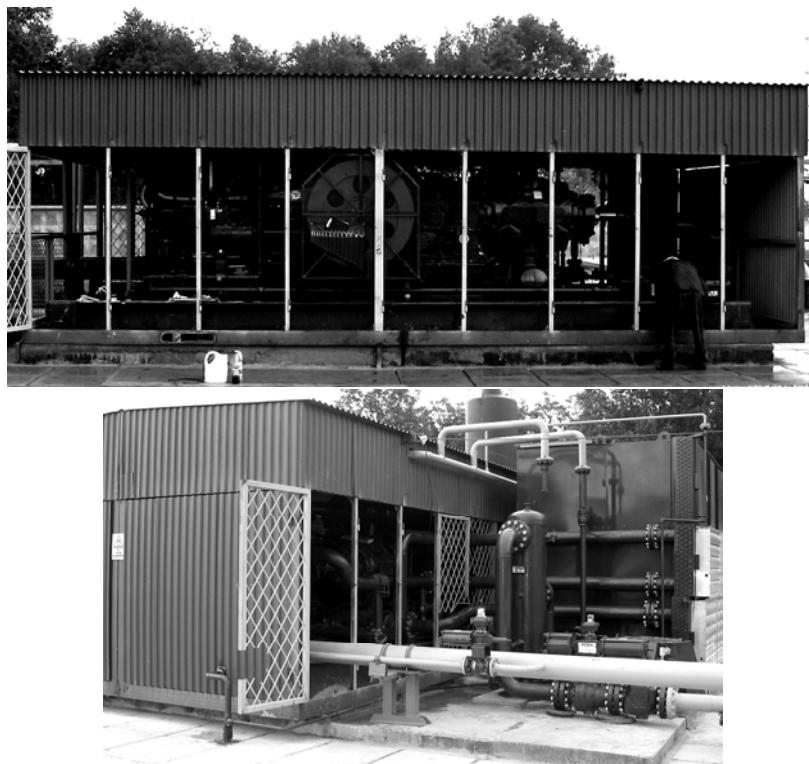


Рис. 1. Загальний вид на компресор та його фундамент

Результати досліджень. Візуальним обстеженням рами під компресор та підготовки під цю раму на ростверку фундаменту, яку виконала підрядна організація ГПУ „Львігазвидобування”, виявлено такі конструктивні недоліки:

- надземна бокова поверхня ростверку фундаменту не захищена від впливу зволоження атмосферними водами (рис. 1); відмостку навколо фундаменту виконано із великорозмірних залізобетонних плит, які укладені зі значними проміжками та без ухилу, що не сприяє швидкому відтоку води від бокової поверхні;
- ухили поверхні підготовки для витoku води з під рами компресору не передбачені проектом. Сітчасте огороження компресора розташоване практично біля самих балок рами компресора і навіть за наявності навісу не захищають раму компресору від атмосферних опадів (рис. 1);
- металевий навіс над компресором не захищає поверхню бетонної підготовки та ростверку фундаменту від зволоження атмосферними водами з одночасним впливом температурних факторів;
- проектом не передбачено, а при виконанні робіт не забезпечено ухил поверхні бетону підготовки у проміжку між АПО газу та рамою компресора для стоку води з підготовки (рис. 2);
- накопичення води на поверхні підготовки, між центральною ділянкою балки Б-2 рами фундаменту та АПО газу і в межах контуру рами АПО газу, завтовшки не менше 2 см (рис. 2);
- відсутність витoku води із замкнутих просторів між балками рами (рис. 2, 3, 4), що не передбачено проектом металевої просторової конструкції рами компресора та проектом залізобетонного фундаменту під компресор;
- зафіксований процес фільтрації води (рис. 4) через бетон підготовки під поперечною балкою Б-6 рами компресора за рахунок недостатньої щільності та можливого тріщиноутворення в бетоні підливки вздовж балок рами, за якою виявлений застій води;

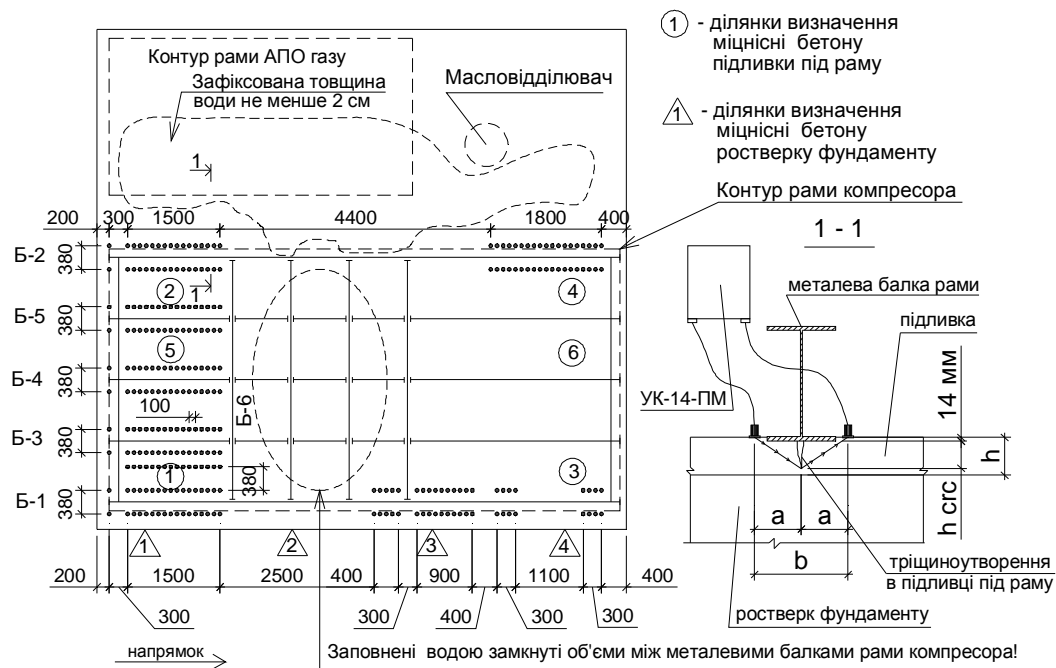


Рис. 2. Схеми розташування: обладнання на фундаменті; ділянок визначення міцності бетону підготовки механічним методом та місць зондування бетону ультразвуковим методом у перпендикулярному до балок напрямку, із фіксованою базою $b=380$ мм



Рис. 3. Застій води у замкненому просторі між металевими балками рами компресора



Рис. 4. Процес фільтрації води через бетон підготовки під поперечною балкою Б-6 рами компресора



Рис. 5. Вимірювання кривини нижньої полочки поздовжньої металеві балки рами компресора лазерним далекоміром та рулеткою

– виявлено (лазерним далекоміром Leica DISTOTM A5 та рулеткою) кривину нижньої полицьки поздовжньої металевої балки рами компресора. Максимальний вигин балки Б-1 у її центральній частині становить 2,6 мм (рис. 5);

– металевий навіс над компресором та металеве сітчасте огороження компресора як не забезпечує вільного доступу для обслуговування його елементів у проміжку між АПО газу та балкою Б-2 рами компресора, так і ускладнює зондування бетону механічним та ультразвуковим неруйнівними методами.

Інструментальне обстеження. Для перевірки міцності бетону підготовки та для виявлення тріщиноутворень в ній використали механічний та ультразвуковий методи неруйнівного контролю.

Дослідження міцності бетону. В процесі досліджень було виконано натурні заміри міцності бетону залізобетонного ростверку фундаменту та бетонної підготовки механічним неруйнівним методом за нормами [3]. Ділянки зондування міцності бетону ростверку фундаменту та підготовки нанесено на схему (рис. 2).

Проаналізовано отримані дані міцнісних характеристик бетону та виконано їх статистичну обробку з метою визначення фактичних класів бетону ростверку фундаменту та бетонної підготовки під раму компресора.

Роботи із бетонування ростверку фундаменту виконано за шість місяців до його обстеження. Фактичний клас бетону ростверку В20, що вищий за проектний клас В15. Виконано статистичну обробку результатів замірів міцнісних характеристик бетону на кожній ділянці ростверку фундаменту, які показали, що коефіцієнт варіації “U” коливається в межах від 9,17% до 12,1%. З аналізу даних з усіх ділянок зондування $U=10,63\%$. Отримані значення нижчі за $U=13,5\%$ [1] і вказують на незначне коливання міцності бетону в межах монолітного ростверку фундаменту. Якість виконання робіт із забезпечення міцності бетону ростверку фундаменту – добра, що свідчить про достатній контроль якості бетону при улаштуванні монолітного ростверку фундаменту. Проектна міцність бетону фундаменту на час обстеження забезпечена.

Улаштування бетонної підготовки під раму компресора відбувалося за три місяці до її обстеження. Фактичний клас бетону - В20, що відповідає його проектному значенню. На окремих ділянках підготовки під раму компресора фактичний клас бетону коливається від В20 до В22,5. Результати статистичної обробки міцнісних характеристик бетону підготовки під раму компресора показали, що коефіцієнт варіації за кожною ділянкою зондування коливається в межах від 5,02% до 12,14%, а за усіма ділянками зондування $U=10,76\%$, що вказує на незначне коливання міцності бетону. Отримані значення – нижчі за $U=13,5\%$ [1]. Це вказує на достатній контроль якості бетону при улаштуванні монолітної підготовки під раму. Проектна міцність бетону підготовки на час обстеження забезпечена.

Дослідження тріщиноутворень в бетоні підготовки. Дослідження наявності технологічних дефектів, розвитку тріщин, причин їх утворення та місцезросташування в бетоні підготовки під раму компресора є важливою задачею, оскільки дає змогу прогнозувати надійність та довговічність роботи фундаменту загалом за дії статичних та динамічних навантажень, кліматичних впливів, які провокують процес незворотного тріщиноутворення в бетоні та незворотних дефектів в його структурі. Зміна часу проходження ультразвукових хвиль при огинанні утворених тріщин та дефектів дає змогу визначати місцезросташування тріщин та дефектів та їхню інтегральну глибину проникнення в бетон (рис. 2).

Для аналізу стану бетону підготовки було прийнято дві схеми дослідження: діагональну і поперечну відносно осей балок рами компресора. Ділянки балок рами компресора, під якими проводили зондування бетону ультразвуковим імпульсним методом: у перпендикулярних напрямках (рис. 2, 7) та у діагональних напрямках (рис. 6, 8) замірів до осей балок.

Для дослідження глибини тріщин та дефектів у підготовці використали прилад УК-14ПМ з двома п'єзоелектричними перетворювачами, розташованими на фіксованій базі – 380мм. Це пов'язано з шириною балок рами компресора при перпендикулярних до балок напрямках

вимірювання (рис. 2, 7), та змінних діагональних баз вимірювання від $b=380\text{мм}$ до $b=(380^2+(100*n)^2)^{0.5}\text{мм}$ (рис. 6, 8). За зміни баз вимірювання крок вимірювання 100мм – постійний.

Ультразвукове зондування бетону проводили з верхньої поверхні підготовки. Застосовували ультразвуковий імпульсний метод відповідно до норм [2, 7]. Зміна акустичних характеристик поширення імпульсів ультразвуку в бетоні дає можливість одержати необхідну інформацію про характер виникнення тріщин в об'ємі бетону підготовки.

При розташуванні генератора ультразвукових коливань та їх приймача на поверхні бетону можна розв'язати задачу про глибину „ h_{crc} ” розвитку тріщин (рис. 2).

Мінімальне значення часу проходження ультразвуку „ t_{min} ” у бетоні визначали за кожною ділянкою окремо у зв'язку із можливим коливанням міцнісних характеристик бетону підготовки по площі ростверку. Розрахунки „ h_{crc} ” виконували за формулою (1):

$$h_{crc} = \sqrt{\frac{0,25 \times b^2 \times t_1^2}{t_2^2} - a^2}, \quad (1)$$

де $t_1 = t_i$ – час проходження ультразвуку, якщо в бетоні є перешкоди у вигляді тріщин або дефектів; $t_2 = t_{min}$ – час, за який ультразвук проходить в бетоні без перешкод в межах фіксованої бази b ; $b=2 \times a$ мм – база вимірювання.

Розподіл глибин вертикальних усадкових тріщин та можливих дефектів в бетоні підготовки під балками Б-1 ÷ Б-5 рами компресора, при замірах за схемою на рис. 2, наведено на рис. 9.

Вони показують, що на досліджених ділянках глибина тріщиноутворень, починаючи від нижньої полицки металевих балок, доволі нерівномірна і коливається вздовж балок:

- Б-1 від 0 до 55,3 мм на ділянці від 0,3 м до 0,8 м;
- Б-1 від 0 до 36,8 мм на ділянці від 4,4 м до 6,0 м;
- Б-2 від 0 до 57,5 мм на ділянці від 0,3 м до 1,8 м;
- Б-2 від 0 до 61,6 мм на ділянці від 6,1 м до 8,0 м;
- Б-3 від 0 до 52,6 мм на ділянці від 0,3 м до 1,8 м;
- Б-4 від 0 до 30 мм на ділянці від 1,2 м до 1,8 м;
- Б-5 від 0 до 59 мм на ділянці від 0,0 м до 1,8 м.

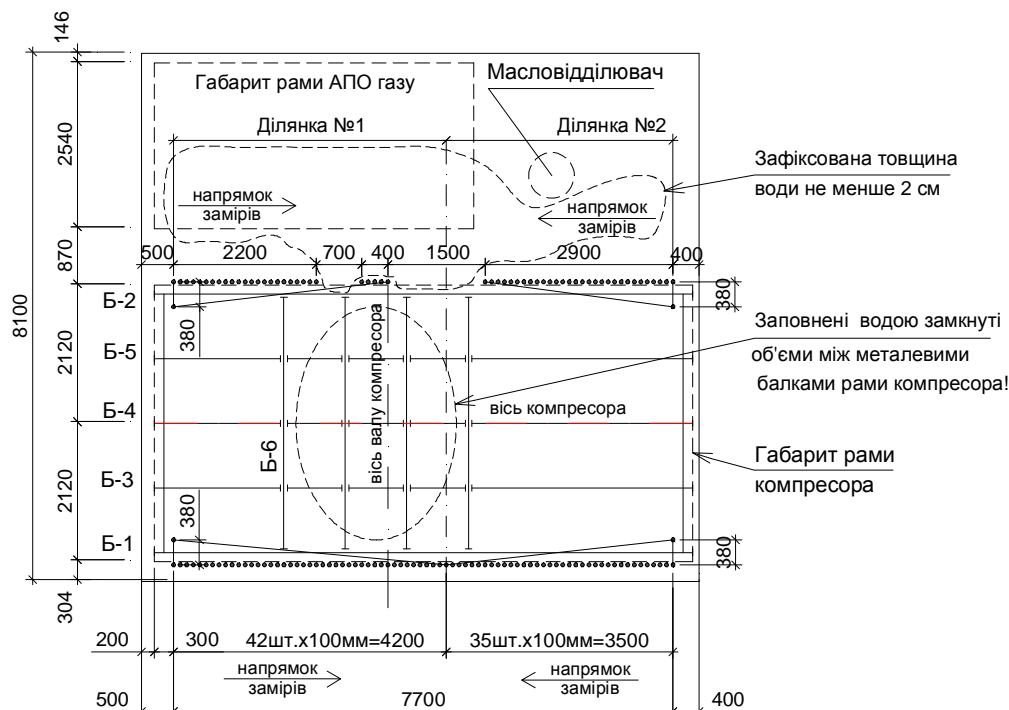


Рис. 6. Схема зондування бетону підготовки ультразвуковим імпульсним методом при діагональному прозвучуванні підливки під балками рами компресора



Рис. 7. Зондування бетону підготовки під балкою Б-2 рами компресора ультразвуковим методом у напрямку, перпендикулярному до осі балки. База прозвучування 380мм



Рис. 8. Підготування поверхні підготовки вздовж балки Б-1 рами компресора для зондування бетону ультразвуковим методом. Нанесене мастило для поліпшення контакту ультразвукових датчиків

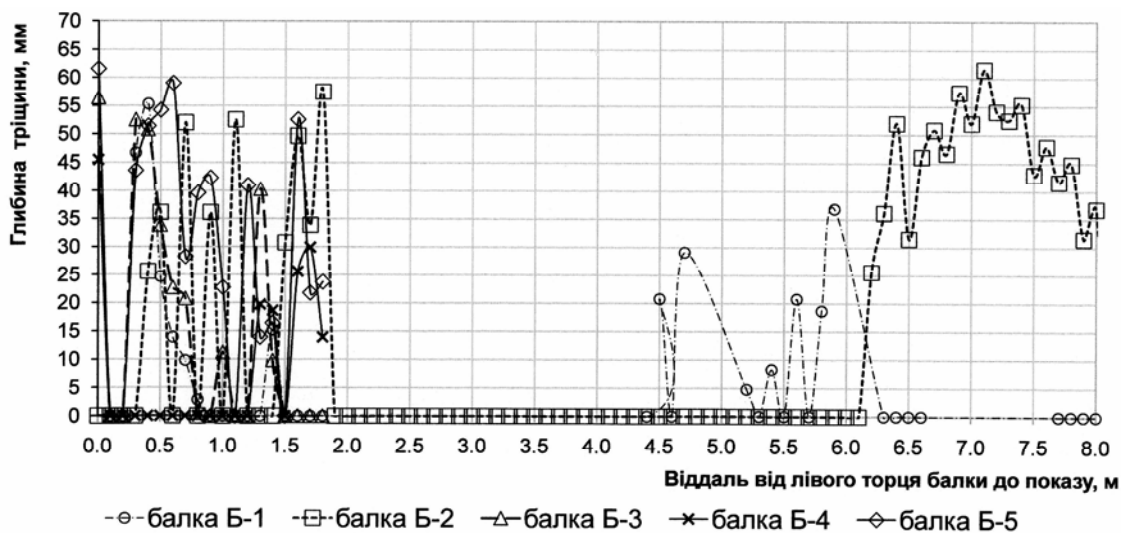


Рис. 9. Розподіл глибин h_{crs} усадкових тріщин у підготовці вздовж балок Б-1 ÷ Б-5 рами компресора

Ці значення h_{crs} можна віднести до усадкових тріщин. Глибина поширення можливих дефектів в бетоні підготовки під нижньою полицькою балок рами не перевищує глибини вертикальних усадкових тріщин, зорієнтованих вздовж балок. Усадкові тріщини на зниження міцності бетону під підшвою рами не впливають, вони можуть вплинути на довговічність бетону у разі впливу на нього атмосферної вологи та температур.

Розташування анкерних болтів зафіксовано на таких віддальях від лівих торців балок: 1,1м; 2,3м; 3,6м; 5,0м; 6,2м; 7,6м. На ділянках біля анкерних болтів у балці Б-2 інструментально зафіксовано такі глибини тріщиноутворень: $h_{crs}=50$ мм на віддалі 1,2м; $h_{crs}=50$ мм на віддалі 6,2÷6,4м; $h_{crs}=48$ мм на віддалі 7,6м. Ці значення наближаються до максимальних значень 60мм глибин тріщин, заміряних вздовж балок рами (рис. 9). За фактичну товщину підготовки під балками рами можна прийняти 60мм від підшви рами компресора. Проектна товщина монолітної підготовки під балками рами $\delta=30$ мм. Фактична середня глибина занурення в бетон нижньої полицьки

двотаврової балки рами компресора становить 14мм (рис. 2). Тоді загальна фактична товщина підготовки 60+14=74мм. Фактична товщина монолітної підготовки збільшена у 74/44=1,7 раза від її проектної товщини, що стало можливою причиною збільшення і глибини тріщиноутворень.

Графіки залежностей між часом проходження ультразвукового імпульсу та довжинами катетів діагональних баз замірів на ділянках №1 та №2 балок Б-1 та Б-2 зображено на рис. 10, 11.

Ці графіки показали, що розподіл місць тріщиноутворень в бетоні підготовки за довжиною балок Б-1, Б-2 доволі рівномірний. Високі значення кореляційних коефіцієнтів R^2 (рис. 10, 11) є цьому підтвердженням. При діагональних замірах відбулися деякі зміщення показів сумарного часу проходження ультразвукового імпульсу. Ці зміщення пов'язані із захопленням при діагональних ультразвукових замірах свердловин діаметром в бетоні ростверку, в яких встановлено анкерні болти. При зондуванні бетону під балками ультразвуковим методом у перпендикулярних до балок напрямках (рис. 9) виявлено, що свердловини для установки анкерних болтів істотно не впливають на загальні поздовжні тріщиноутворення під балками.

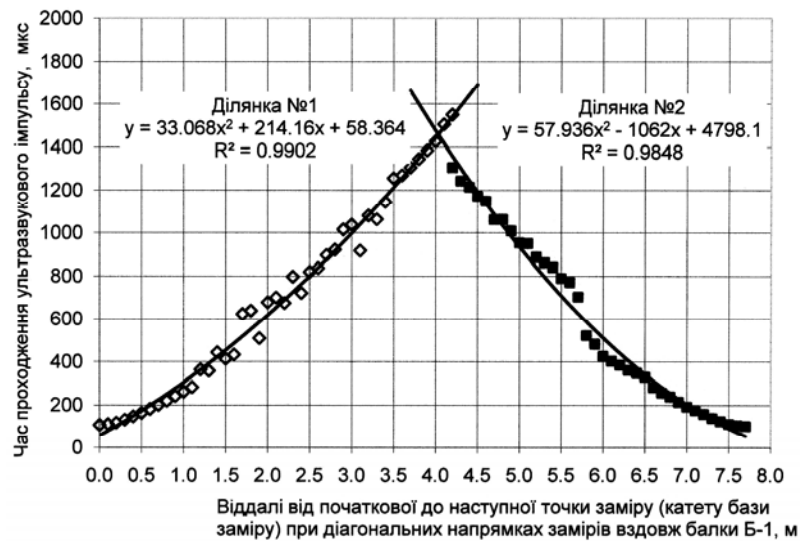


Рис. 11. Залежність між часом проходження ультразвукового імпульсу та довжиною катета діагональної бази заміру на ділянках №1 та №2 балки Б-1

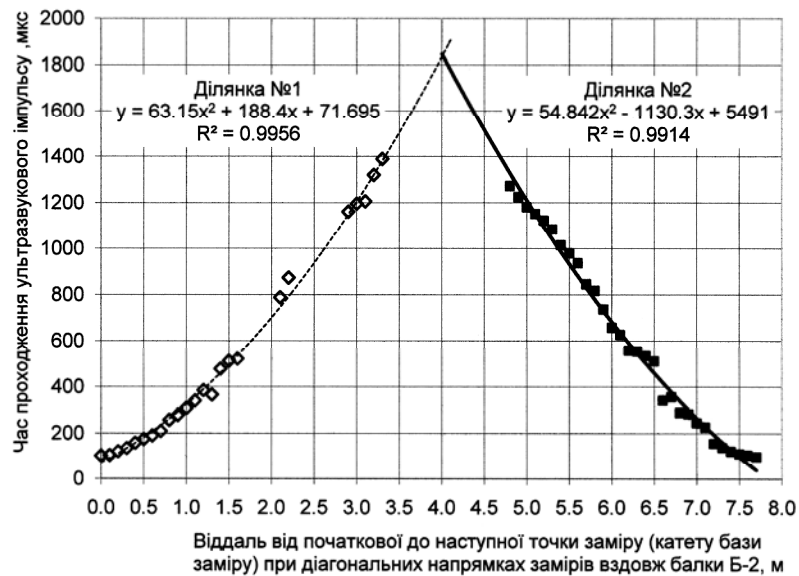


Рис. 12. Залежність між часом проходження ультразвукового імпульсу та довжиною катета діагональної бази заміру на ділянках №1 та №2 балки Б-2

Висновки. Клас бетону ростверку фундаменту В20 – більший за проектний В15 і достатній для нормальної роботи компресора. Клас бетонної підготовки під раму фундаменту не менший за проектний В20 і достатній для нормальної роботи компресора.

Зафіксовані тріщини під балками рами компресора не впливають на зниження класу бетону.

Аналіз інструментальних даних обстеження бетону підготовки показав, що внесок утворених усадкових тріщин у бетоні підливки вздовж балок значно більший за можливу кількість дефектів у сумарному значенні тріщиноутворень вздовж осей балок рами компресора. Підтвердженням цього є інші об'єктивні фактори:

– вплив значної проектної та фактичної горизонтальної жорсткості рами компресора на виникнення усадкових тріщин у дрібнозернистому бетоні зі значною осадкою конуса;

– усадкові тріщини логічно зосереджені вздовж полицок балок рами компресора з виходом біля торців балок як продовження тріщин вздовж поперечних балок рами.

Основною причиною тріщиноутворень в бетоні підготовки є обмеження вільних усадкових деформацій бетону балками рами компресора. Зазначені тріщини можуть знизити довговічність підготовки, якщо її не захистити від впливів зволоження атмосферними водами та одночасної дії зовнішньої і технологічної температур.

Стан обстеженої бетонної підготовки під раму компресора за класифікацією [5] є проміжний – I ÷ II - нормальний+задовільний (за умовами експлуатації відповідають стану I). Основне місце мають усадкові тріщини в бетоні. Розташовані вздовж балок рами усадкові тріщини логічно пов'язані з конструктивними особливостями рами компресора – значною проектною та фактичною горизонтальною її жорсткістю.

Надалі бетонна підготовка під рамою фундаменту може руйнуватися внаслідок:

1) замерзання води в межах утворених усадкових тріщин та їх подальшого розкриття;

2) утворення силових тріщин від замерзання води в межах замкнутих просторів між поздовжніми та поперечними балками рами і відповідного деформування металеві рами компресора;

3) насичення водою бетону і утворення льоду в структурі бетону.

Поверхня бетонної підготовки потребує ефективного захисту від проникнення атмосферної вологи ззовні (пряме потрапляння атмосферної вологи та затікання по ухилу підливки). Для захисту бетону підготовки від зволоження слід використати просочувальні матеріали провідних фірм та збільшити площу навісу, враховуючи розміри проходів для зручності обслуговування компресора, поміняти сітчасте огороження стін на більш закрите.

Представники фірми COOPERR ENERGY SERVICES, проаналізувавши рівень тріщиноутворень у бетоні підготовки та результати візуального обстеження конструкції рами під компресор AJAX OPC 2804, прийняли компресор на гарантійне обслуговування.

1. СНиП 2.03.01-84*. *Бетонные и железобетонные конструкции.* – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с. 2. ГОСТ 17624-87 *Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.* – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 24 с. 3. ГОСТ 22690-88 *Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.* – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 34 с. 4. ДСТ 18105-86 *Правила контролю міцності бетону.* 5. *Правила обстеження, оцінки технічного стану і паспортизації виробничих будинків і споруджень, затверджені Наказом Державного комітету будівництва, архітектури і житлової політики України і Госнадзорохрантруда України № 32/288 від 27.11.97.* 6. *Положення про безпечну і надійну експлуатацію виробничих будинків і споруд Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України і Міністерство праці і соціальної політики України Госнадзорохрантруда.* – К., 1999. – 53 с. 7. *Барашиков А.Я. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений // А.Я. Барашиков, А.М. Малишев.* – К.: НМЦ Держнаглядохпраці Укр., 1998. – 232 с.