

УДК 624.011.2:668.3

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ АНКЕРІВ НА АКРИЛОВИХ КОМПОЗИЦІЯХ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

Кандидати техн. наук Н. М. Золотова, В. О. Склярів, О. Ю. Супрун,
магістр Д. М. Вихров

ADVANTAGES OF THE USE OF CHEMICAL ANCHORS ARE ON ACRYLIC COMPOSITIONS FOR FASTENING OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

PhD (Tech.) N. M. Zolotova, PhD (Tech.) V. O. Sklyarov, PhD (Tech.) O. Y. Suprun,
master D. Vikhrov

Подано порівняльний аналіз сучасних методів кріплення технологічного устаткування за допомогою хімічних анкерів. Детально розглянуто і описано конструкції анкерів. На конкретних прикладах анкерних болтів зроблено висновки про найбільш зручні при встановленні, менш трудомісткі, менш витратні і, у результаті, більш ефективні конструкції. Проте зауважено, що для об'єктивної оцінки ефективності застосування анкерних болтів при кріпленні технологічного устаткування доцільно використовувати різні конструкції анкерів, оскільки їх конструктивні особливості зрештою доповнюватимуть одне одного.

Ключові слова: фундаментні болти, самоанкерувальні механічні анкерні болти, хімічні анкери, силоксанові, епоксидні та акрилові композиції, технологічне устаткування.

The comparative analysis of modern methods of fastening of technical equipment is presented by means of baybolts. In detail the next applied constructions of screw-bolts are considered and described: deaf and anchor. On the certain examples of wall screws drawn conclusion about most comfortable during setting, less labour intensive, expense and, in the total, more effective constructions. But, nevertheless, it is also said that for the objective estimation of efficiency of application of wall screws at fastening of technological equipment it is expedient to use the different constructions of anchors, because their structural features will complement each other in the end. In the last few years by assembling organizations in a concord with research institutes and project organizations new technological methods, and also more perfect lifting-transport and rigging facilities for editing, that assist the increase of the productivity, improvement of quality and safety of works, are worked out. In particular, great success is attained in editing of technological equipment. Technical decisions from setting of chemical anchors that was worked out in the Kharkov national university of municipal economy the name of A. M. Beketova are characterized a variety and propensity to development of subjects that is related to acrylic compositions. The first team of such compositions shows by itself mixture from polymeric astringent and filler. As astringent – acrylic polymer of cold consolidation of type "liquid-powder". Powdery component – suspension polymer on the basis of methylmethacrylate of PMMA. Hardener methyl ether of methacrylic acid serves as. Consolidation takes place involuntary at a normal temperature due to polymerization. A method of setting of wall screws on acrylic compositions is let in on the ground : a cost and labour intensiveness of works below, than in all considered on setting of anchors, acrylic composition is consisting of less number of components, works on setting of anchors it is possible to conduct at an ambient temperature from – 5°With to +30°With without additional technological

events. Cost of acrylic polymer is 2÷5 times below than other widespread. Development and introduction of progressive methods of works on setting of anchors for fastening of equipment are important reserve of reduction of labour intensiveness, resource-demanding, duration and cost of both construction-works and works from the reconstruction of industrial enterprises and the special actuality in this connection today demonstrate chemical anchors.

Keywords: *baybolts, self-anchoring mechanical wall screws, chemical anchors, to the siloxane, epoxy and acrylic compositions, technological equipment.*

Вступ. Капітальне будівництво – одна з найважливіших галузей народного господарства. Від її розвитку у чималому ступені залежить вся економіка нашої держави. Уряд постійно приділяє увагу питанням вдосконалення капітального будівництва та підвищення його ефективності, надає будівельникам допомогу в оснащенні технікою, у справі підготовки кадрів і в багатьох інших питаннях.

За останні роки монтажними організаціями у співдружності з науково-дослідними інститутами і проектними організаціями розроблено нові технологічні методи, а також більш досконалі підйомно-транспортні і такелажні засоби для монтажу, що сприяють підвищенню продуктивності, поліпшенню якості і безпеки робіт. Зокрема великих успіхів досягнуто в монтажі технологічного обладнання [1, 3–5].

Установлення технологічного обладнання та конструкцій на фундамент виконують строго відповідно до їх проектних розмірів та просторового розміщення в плані і по висоті з урахуванням допустимих відхилень [1, 5].

Кріплення обладнання за допомогою фундаментних болтів [1, 3, 11], як спосіб, найбільш широко застосовується в монтажній практиці в тих випадках, коли міцність кріплення обладнання за допомогою підливи цементним розчином недостатня, а також коли робота машини супроводжується коливаннями, вібраціями і змінним за величиною і напрямком навантаженням, переданим на фундамент. Кріплення обладнання в проектному положенні фундаментними болтами [1–5] відрізняється надійністю, простотою

виготовлення і встановлення кріпильних деталей, а також можливістю використання в різних варіантах.

Хімічні анкери завдяки своїм винятковим властивостям і універсальності приходять на зміну звичайним кріпленням, а щодо високих навантажень не мають аналогів. Унікальність хімічних анкерів полягає в тому, що кріплення мають більш високу несучу здатність, яка значно перевищує несучу здатність звичайних розпірних анкерів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Залежно від величини і характеру навантажень на фундамент, від працюючого устаткування, типу фундаменту або опорної конструкції, технології установавання обладнання в проектне положення і його вивірення всі фундаментні болти розрізняються:

за умовами експлуатації – конструктивні (малонавантажені) і розрахункові (силові);

за способами установавання – глухі (рис. 1) і заставні (анкерні) (рис. 2);

за конструкцією – прямі, вигнуті, складові, конічні, знімні з анкерними плитами і цангами;

за способами закріплення у фундаменті – замоноличені в фундамент при його виготовленні, на цементно-піщаних сумішах, на клеї, заклинювальні;

за розмірами – різних діаметрів залежно від величини і характеру сприйманого навантаження.

Аналізом встановлена велика розмаїтість типів анкерних кріплень, що розрізняються конструкцією, способами установавання, а також передачею навантажень на фундаменти або будівельні

конструкції. Їх можна розділити на дві групи. До першої групи віднесені глухі болти, встановлювані в шанці з наступним заливанням високоміцним розчином, і знімні болти, без наступного заливання. До досліджень першої групи належать роботи Вишневецького П. Ф., Киянова И. Д., Маршева В. З., Ельят М. Л., Дегмат М. П., Матвеева В. В., Кузьмича А. А. та ін.

До другої групи віднесені болти, встановлювані в утворені після бетонування фундаментів свердловини, завдяки цьому вони більш економічні, ніж болтові з'єднання першої групи. Тут необхідно зазначити дослідження Алексієнка П. П., Барча І. З., Зайцева І. І., Золотова М. С., Ігоніна Л. А., Клименка В. З., Кузиної О. Л., Лисенка В. А., Пагі Б. Ю., Подлегаєва І. М., Черкаського І. Г., Шарстука В. Н., Шутенка Л. М., Cook R. A., Fagundo F. E., Biller M. H., Walter E., Ammann W. та ін.

Застосування болтів різної конструкції [1, 3] викликано різноманітністю обладнання, що монтується, фундаментів і опорних конструкцій, технологією установлення, вивірення і кріплення обладнання, вимогами до закріплення обладнання на фундаментах, умовами експлуатації обладнання.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою статті є наукове обґрунтування переваг використання хімічних анкерів на акрилових композиціях для кріплення технологічного устаткування.

Для обґрунтування актуальності, формулювання мети і завдань дослідження застосований метод аналізу та узагальнення.

Основна частина дослідження. Застосування фундаментних болтів [1, 5] різних перерізів пояснюється особливостями устаткування, що монтується, за величиною і характером навантажень, переданих на фундамент.

Глухі болти (рис. 1) встановлюють у тілі бетонного фундаменту при його виготовленні. Положення болтів у готовому фундаменті має бути незмінним і

строго відповідати розташуванню отворів в опорній частині устаткування, що монтується. Навіть незначна розбіжність у відстанях між болтами і отворами в опорних елементах обладнання унеможливає його встановлення.

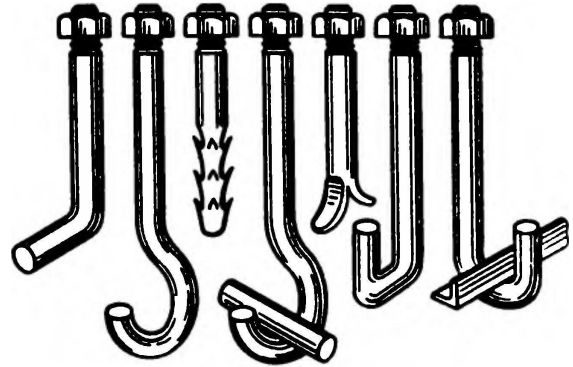


Рис. 1. Типи глухих фундаментних болтів

При такому способі кріплення обладнання ускладнюється процес його установлення на фундамент.

Установлення устаткування на фундамент і вивірення його в плані значно спрощуються при заміні глухих фундаментних болтів анкерними (рис. 2), що усуває недоліки, характерні при застосуванні глухих болтів, дає змогу обладнанню вільно переміщатися по поверхні фундаменту, дає можливість встановлювати його без підйому над фундаментом і вільно регулювати положення в плані під час вивірення. При цьому виключається небезпека пошкодження різьблення фундаментних болтів.

Перевагою такого закріплення фундаментних болтів є невелика глибина їх закладення (6...10 діаметрів болтів), що дає змогу монтувати обладнання безпосередньо на підлозі цеху або на залізобетонних перекриттях промислових будівель. При такому способі закріплення досягається більш точне установлення болтів, спрощується вивірення і знижується трудомісткість установлювальних робіт.

Кріплення болтів у свердловинах здійснюють кількома способами: заливають цементним розчином; закріплюють клеями

різних складів; використовують розтискні гумові втулки або металеву цангу (рис. 3).

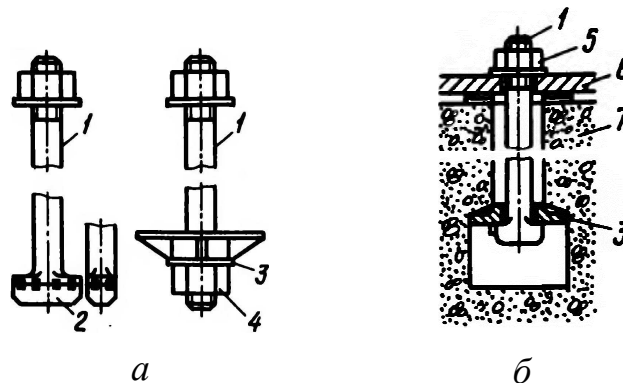


Рис. 2. Фундаментні анкерні болти:

а – типи анкерних болтів; б – схема кріплення обладнання анкерними болтами;
1 – анкерний болт; 2 – молоткоподібна головка; 3 – плита; 4 – гайка; 5 – кріпильна гайка;
6 – опорна частина обладнання; 7 – фундамент

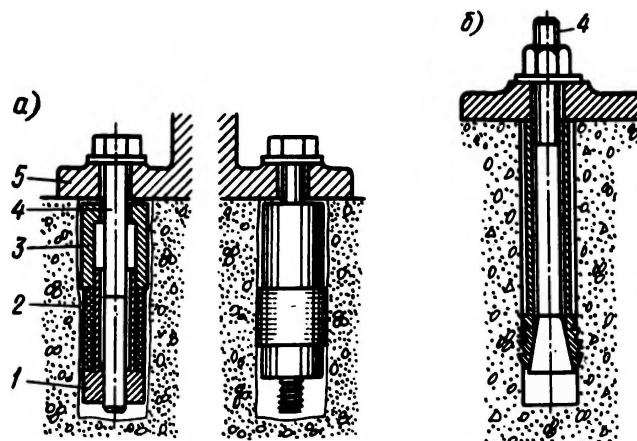


Рис. 3. Схеми кріплення обладнання самоанкерувальними болтами:

а – за допомогою гумової втулки; б – за допомогою цанги; 1 – хвостова частина гайки;
2 – розтискна гумова втулка; 3 – натискна втулка; 4 – кріпильний болт;
5 – опорна частина обладнання

У самоанкерувальних болтах використовується ефект розклинення розсувних сегментів болта при висмикуванні (рис. 3, 4). Для самоанкерувальних болтів (*post-installed mechanical anchors*) характерною є велика різноманітність конструкцій (ролболт, дуплекс-анкер, анкер-шуруп, анкер-гільза, анкер-шпилька,

анкер для наскрізного кріплення, розтискний анкер, розпірний анкер і т. д.).

Головними недоліками всіх знімних самоанкерувальних болтів є висока вартість їх виготовлення й складність. Крім того, для установлення таких болтів необхідно виконувати отвори високої точності. Припустимі відхилення розмірів отвору по діаметру болта становлять $0,5 \div 2$ мм.



Рис. 4. Самоанкерувальні механічні анкерні болти

Хімічні анкери (рис. 5) з часом суттєво потіснили механічні. Анкерні кріплення такого типу мають підвищену несучу здатність, що значно (до 50 %) перевищує несучу здатність розпірних анкерів. Полімеризація хімічного складу анкера в заздалегідь просвердленому отворі відбувається без ефекту самонапруження й розвитку температурних деформацій, після чого виникають множинні зв'язки складу, що затвердів, з матеріалом основи за рахунок шорсткості внутрішньої поверхні отвору й молекулярної адгезії. У зв'язку із близькістю значень коефіцієнтів температурного розширення полімерного складу й матеріалу основи хімічний анкер у робочому стані являє собою монолітне з'єднання з конструкцією основи.

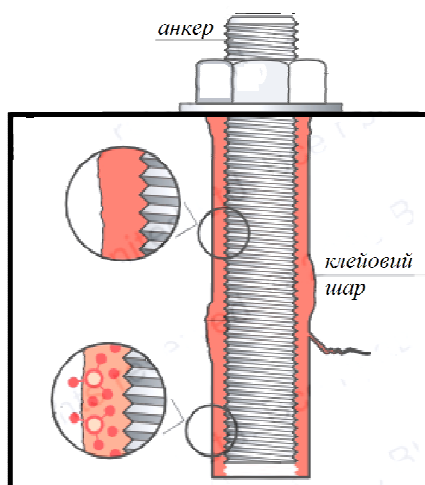


Рис. 5. Хімічний анкер

У наукових і технічних джерелах до цього часу сформульовано кілька

інтерпретацій поняття «хімічний анкер». Найпоширеніших кілька назв: «хімічний анкер», «інжекційна маса», «рідкий анкер», «клейовий анкер», «рідкий дюбель».

Установлення анкерних болтів за допомогою хімічних складів кілька десятиліть тому передбачало застосування епоксидних композицій [1, 3–7]. Цей спосіб дає можливість спочатку змонтувати обладнання, а потім через отвори під болти в опорних його частинах пробурити отвори, заповнити клеєм і встановити болти. Глибина закладання болтів – не більш 10 діаметрів, максимальний діаметр болтів – 100 мм. Після твердіння клею – проектне затягування болтів. Недоліками анкерів такого типу є: необхідність розігріву при пластифікуванні, обмежена температура застосування без домішок (до $+80^{\circ}\text{C}$), багатоконпонентність, токсичність і висока вартість компонентів.

Характеристики міцності силіконових складів менші, ніж в акрилових й епоксидних, у зв'язку з чим галузь застосування для них досить вузька. Акриловий і епоксидний склади є близькими за конструктивними параметрами, але за компонентністю, токсичністю й трудомісткістю технологічного процесу акрилові склади мають безумовні переваги. Крім того, вони мають водо-, масло-, морозо-, атмосферостійкість.

У роботах М. С. Золотова [10, 11] отримано та експериментально підтверджено рішення, що описують напружено-деформований стан анкерного з'єднання у разі закладення у бетонний масив сталевого

гладкого анкерного стержня за допомогою епоксидних клеїв. Ці рішення були використані при дослідженні напружено-деформованого стану анкерних з'єднань на інших клеях, зокрема акрилових. З аналізу робіт [12–14] випливає, що ефективнішими є анкерні з'єднання на звичайних акрилових клеях, які за своїми механічними

властивостями не поступаються з'єднанням на епоксидних клеях, а за технологічними – перевершують їх.

Хімічні склади для анкерів, що найчастіше використовуються в Україні, було проаналізовано за групами поширених факторів (табл. 1) [2, 3–5].

Таблиця 1

Характеристики міцності та технологічності клеїв

Фактори		Клейові склади		
		акриловий	силоксановий	епоксидний
Технологічні	Технологічна життєздатність, хв	30÷180	180÷200	30÷150
	Час твердіння, доб	1	15	1÷3
	Безусадочність	–	3 %	0,8 %
	Можливість зміни в'язкості	+	–	–
	Можливість модифікації	+	–	+
Конструктивні	Адгезія до металу і бетону	+	+	+
	Міцність на стиск, МПа	65÷96	20÷40	50÷60
Екологічні	Токсичність	–	–	+

Виконано численні дослідження фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей акрилових клеїв з погляду їх використання для анкерних з'єднань. До них належать роботи Золотова М. С. [10, 11], Золотова С. М., Золотової Н. М. [6, 7, 14, 15], Склярєва В. О. [9], Шутенка Л. М. [2, 3] та ін.

Дослідження [2, 6, 10–18] показали, що фізико-механічні (табл. 2), фізико-хімічні властивості, а також термостійкість полімерних акрилових композицій можна змінювати в широких межах шляхом спрямованої зміни морфології надмолекулярних структур і ступеня завершеності просторових молекул полімерного сполучного.

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості акрилової композиції

Межа міцності, МПа			Модуль пружності, МПа	Коефіцієнт Пуассона
При розтягу	При стисканні	При зсуві		
Акрилова композиція				
13...15	60...80	21...26	$(3,6...14,0) \times 10^4$	0,32...0,37
Модифікована акрилова композиція				
18...28	90...98,6	32...37	$(3,6...14,0) \times 10^4$	0,32...0,37

Модифікуючи акрилову композицію неорганічними домішками (азбест, слюда,

окис цинку), можна підвищити її міцність до 30 %, а використовуючи домішки

азбесту разом з метакриловою кислотою – підвищити теплостійкість анкерного з'єднання до 130 °С [6–8].

Однак у ході досліджень було виявлено й недоліки хімічних анкерів, що серійно випускаються промисловістю, серед яких визначальними є:

- висока вартість, що спричиняє недостатню поширеність в Україні;
- обмеженість терміну зберігання невикористаного хімічного складу;
- жорстка й обмежена номенклатура обсягів клейових складів, що випускаються;
- необхідність технологічної перерви після установа анкера для набирання міцності клейовим складом, тривалість якого залежить від умов виконання робіт.

Технічні рішення з установа хімічних анкерів, що розроблені в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова [2, 7, 14], характеризуються різноманітністю й схильністю до розробки тематики, що пов'язана з акриловими композиціями. Основний склад таких композицій являє собою суміш із полімерного в'язучого й наповнювача. За в'язучий узятو акриловий полімер холодного твердіння типу «рідина-порошок». Порошкоподібний компонент – суспензійний полімер на основі метилметакрилату ПММА. Отверджувачем служить метиловий ефір метакрилової кислоти. Твердіння відбувається мимовільно при нормальній температурі за рахунок полімеризації [2, 7–13, 15–18]. Спосіб установа анкерних болтів на акрилових композиціях має переваги: вартість і трудомісткість анкероустановлювальних робіт нижчі, ніж у всіх

розглянутих, акриловий склад є малокомпонентним, анкероустановлювальні роботи можна проводити при температурі навколишнього середовища від –5 °С до +30 °С без додаткових технологічних заходів. Вартість акрилового полімеру у 2÷5 разів нижча за інші поширені.

Висновки. На основі виконаних досліджень, зазначених у цій статті, сформульовано й обґрунтовано наукові пропозиції, сукупність яких можна кваліфікувати як теоретичне узагальнення й прогресивне рішення актуального науково-прикладного питання підвищення ефективності організації й технології процесу кріплення технологічного устаткування на фундаментах із застосуванням анкерних болтів на акрилових композиціях.

Аналіз наукових досліджень показав, що способи установа анкерних болтів на акрилових композиціях для кріплення елементів будівельних конструкцій, обладнання й інженерних комунікацій вже розроблено, але дані про ефективність організаційно-технологічних рішень їх улаштування ще потребують більш докладних досліджень.

Розробка й впровадження прогресивних методів анкероустановлювальних робіт для кріплення технологічного обладнання є важливим резервом скорочення трудомісткості, матеріаломісткості, тривалості й вартості як будівельних робіт, так і робіт з реконструкції промислових підприємств, і особливу актуальність у цьому зв'язку сьогодні демонструють хімічні анкери, зокрема анкерні болти на акрилових композиціях.

Список використаних джерел.

1. Золотов М. С., Шутенко Л. Н., Золотов С. М., Склярів В. А. Фундаментные болты, устанавливаемые в готовые фундаменты. *Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник*. Київ: Техніка, 1998. Вип. 15. С. 58-60.
2. Пат. № 88250 Україна. Акрилова композиція для кріплення анкерних болтів. Опубл. 25.09.2009. Бюл. № 18.

3. Шутенко Л. М., Золотов М. С., Склярів В. О., Золотова Н. М. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування, технологія влаштування: навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2010. 204 с.
4. Менейлюк А. И. и др. Современные технологии в строительстве. 3-е изд., доп. и перераб. Киев: Освіта України, 2011. 534 с.
5. ДСТУ 24379.1:2008. Болти фундаментні. Конструкція і розміри. [Чинний від 2008-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2008. 16 с.
6. Золотова Н. М., Склярів В.О., Супрун О. Ю. Технологічні рішення з оптимізації матеріало- і трудовитрат при анкероустановлювальних роботах з використанням акрилових композицій. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 175. С. 71–77.
7. Золотова Н. М., Супрун О.Ю. Акриловая композиция для анкероустановочных работ. *Будівельний журнал.* 2016. № 5–6 (123–124). 84 с.
8. Супрун О. Ю. Удосконалення організаційно-технологічних рішень установа анкерів в бетоні із застосуванням акрилових композицій: дис... канд. техн. наук: 05.23.08. Харків, 2018. 183 с.
9. Склярів В. О. Міцність і розрахункові характеристики анкерних болтових з'єднань на модифікованих акрилових клеях: дис... канд. техн. наук: 05.23.01. Полтава, 2003. 173 с.
10. Золотов М.С. Напряга в анкерних з'єднаннях на епоксидних клеях. *Водопостачання, каналізація, гідротехнічні споруди.* Київ: Будівельник, 1970. Вип. XII. С. 56-61.
11. Золотов М. С. Експериментальні дослідження анкерних з'єднань на епоксидному клеї. *Водопостачання, каналізація, гідротехнічні споруди.* Київ: Будівельник, 1971. Вип. XVI. С. 68-71.
12. Золотов С. М. Тривала міцність сталеклейових анкерних з'єднань на акрилових клеях: дис... канд. техн. наук: 05.23.01. Київ, 1993. 187 с.
13. Золотова Н. М., Гарбуз А. О., Склярів В. О. Влияние технологических факторов и вида нагружения на прочность соединения бетонных элементов акриловыми клеями. *Галузеве машинобудування, будівництво:* зб. наук. праць. Полтава, 2013. Вип. 4(39) Т.1. С. 114-122.
14. Супрун О. Ю., Золотова Н. М. Организационно-технологические решения установки анкерных болтов на акриловых композициях. *Будівельні матеріали та вироб.* 2016. № 4(93). С. 52–55.
15. Zolotova N., Suprun O. Technological parameters definition influencing of anchor screwbolts application on acrylic adhesives: *Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky.* – Košice, Slovakia, 2015. Volume 3. № 4. P. 148–150.
16. Barnat J., Bajer M. The Shear Strength of Epoxy Adhesive Used for Chemical Anchors: *Advanced Materials Research.* 2015. Volume 1. P. 278–281.
17. Grosser Ph., Fuchs W., Eligehausen R. A Field Study of Adhesive Anchor Installations : Theory and practice: *Concrete international.* 2011. Volume 22. – P. 57–63.
18. Rizzo P., Spada A., Degala S., Giambanco G. Acoustic Emission Monitoring of Chemically Bonded Anchors. *Journal of Nondestructive Evaluation.* 2010. Vol. 29. Issue 1. P. 49–61.

Золотова Ніна Михайлівна канд. техн. наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва і будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Тел: 050-939-96-76. E-mail: nina.zolotova53@gmail.com.

Склярів В'ячеслав Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної і будівельної механіки Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова. Тел: 050-669-26-23. E-mail: skliarovviacheslav@gmail.com.

Супрун Олег Юрійович, канд. техн. наук, старш. викл. кафедри технології будівельного виробництва і будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.
E-mail: director@ups.org.ua.

Вихров Дмитро Миколайович, магістр будівельного факультету Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Zolotova Nina, PhD (Tech.), associate professor, Department of Building Materials and Construction Technologies of the O. M. Becetova National University of Urban Economy in Kharkov. Tel: +380-50-939-96-76.

E-mail: nina.zolotova53@ gmail.com.

Sklyarov Vyacheslav, PhD (Tech.), associate professor, Department of Theoretical and Structural Mechanics of the A. M. Becetova National University of Urban Economy. Tel: +380-50-669-26-23. E-mail: skliarovviacheslav@gmail.com.

Suprun Oleg, PhD (Tech.), associate professor, Department of Building Materials and Construction Technologies of the O.M. Becetova National University of Urban Economy in Kharkov. E-mail: director@ups.org.ua.

Vikhrov Dmytro, master of Construction Engineering Department O.M. Becetova National University of Urban Economy in Kharkov.

Статтю прийнято 01.03.2019 р.