

УДК 622.35:624.012

<https://doi.org/10.31474/1999-981X-2021-2-60-67>

О. В. Хоменчук
Н. М. Остафійчук
М. А. Колодій
Г. В. Скиба

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО БЛОЧНОГО КАМЕНЮ В ЯКОСТІ НЕСУЧОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Мета. Дослідження способів армування природного блочного каменю та можливостей його застосування в якості несучої будівельної конструкції.

Методика. Під час дослідження використовувалися такі загально логічні методи як: узагальнення, аналіз і синтез, аналогія, абстрагування та моделювання.

Результати. Розглянуто недоліки традиційної технології видобування сировини для виготовлення бетону і чинники, що збільшують кінцеву вартість бетонних конструкцій. Розглянуто переваги та недоліки природного блочного каменю у порівнянні з залізобетонними будівельними конструкціями на прикладі фундаментних блоків типу ФБС. Для зменшення вартості, підвищення експлуатаційних характеристик і надання виробництву більшої гнучкості, запропоновано виготовляти такі блоки з блочного природного каменю з низькою декоративною цінністю. Зроблено аналіз відомих способів армування природного каменю, і розроблено схему армування блоку. З метою вироблення ефективного армування таких блоків, запропоновано розташовувати повздовжню арматуру в отворах, що пробурюються у блоці перед його вийманням, і заповнювати їх цементом, що сам розширюється. Розглянуто відомі способи посилення похилих перерізів залізо-бетонних балок без поперечної арматури. Для підсилення похилих перерізів блоку природного каменю, запропоновано застосовувати аналогічну систему зовнішнього армування залізо-бетонних балок стрічками на основі вуглецевого волокна, які наклеюються за допомогою епоксидних смол.

Наукова новизна. Вперше у загальному випадку запропоновано використовувати природній блочний камінь, що армований внутрішньою і зовнішньою арматурою, в якості несучого конструкційного елементу збірного залізо-кам'яного фундаменту.

Практична значимість. Проведено попередній розрахунок мінімальної допустимої відстані від внутрішньої стінки отворів для розміщення арматурних стрижнів до зовнішньої поверхні блоку без врахування неоднорідностей та дефектів, які можуть зустрічатися у породі, та додаткових навантажень під час експлуатації такого блоку. Отриманий результат обумовлюється тиском цементного розчину, що сам розширюється. При зменшенні цієї відстані можливе руйнування стінки отвору. Сформульовано задачі, які необхідно вирішити для обґрунтування запропонованого способу виготовлення фундаментних блоків, який дозволить використовувати всі переваги природного каменю і знизити вартість виготовлення фундаментних блоків.

Ключові слова: природній камінь; арматура; похилий переріз; вуглецеві волокна; фундаментний блок.

Вступ.

Застосування каменю у будівництві є фундаментальним принципом забезпечення довговічності та надійності будівель та споруд. Життя людини завжди пов'язане з будівництвом або реконструкцією інфраструктури населених пунктів, а також об'єктів промисловості, в будь-які періоди економіки, чи то зростання, чи то падіння. У першому випадку зростає потреба у матеріальних ресурсах, яка призводить до зростання цін на них, у другому – зменшується споживча здатність учасників ринку. Окрім того, специфіка споживання будівельних матеріалів під час таких коливань вимагає простого і гнучкого способу виробництва. Складні і громіздкі технології виробництва будівельних матеріалів негативно впливає на їх вартість. Отже вартість будівельних матеріалів за

умови збереження або навіть покращення певної їхньої якості - це основний критерій за яким слід аналізувати різні технології їхнього виготовлення для підвищення ефективності будівництва.

Бетон та залізобетон широко застосовуються як конструкційні матеріали при влаштуванні основ, фундаментів, каркасів, стін та перекриттів, і в більшості випадків йому важко знайти заміну. Технологія виготовлення бетону починається з видобутку природного каменю. На цьому етапі відбувається руйнування гірських порід майже завжди за допомогою буропідричних робіт, які мають наступні недоліки.

По перше, дроблення порід відбувається нерівномірно. У частині масиву порід, що знаходиться у безпосередній близькості до зарядів, відбувається переподрибнення порід. З віддаленням від

зарядів поступово знижується енергія ударної хвилі, що розповсюджується по масиву, і на певній відстані дроблення здійснюється із забезпеченням необхідної для отримання якісного щебню міцності шматків. В середині же цієї зони посиленого регульованого дроблення шматки породи мають меншу міцність внаслідок утворення мікротріщин. Окрім того, при неякісних буро-підривних роботах може утворитися велика кількість негабаритних шматків.

По друге, ефективність використання вибухових речовин є низькою. Відомо, що при вибухах на руйнування та розпушування ККД вибуху може сягати лише 30 %, а з урахуванням частки неякісної гірської маси, цей показник може знизитися до 20 %.

По третє, відбувається негативний акустичний, сейсмічний і хімічний вплив на навколишнє середовище. Останній тип забруднення обумовлюється викидами в атмосферу отруйних і неотруйних продуктів вибуху і кислих пилових аерозолів.

У сукупності з вартістю в декілька мільйонів гривень ці недоліки викликають питання до ефективності буро-підривних робіт. Хоча цей спосіб руйнування є універсальним і в деяких випадках єдиним, який може бути використаний у гірництві, для видобутку будівельних гірських порід він має бути вдосконалений або замінений на більш ефективний.

На наступному етапі виробництва щебню здійснюється переробка гірської маси, під час якої здійснюється додаткове механічне подрібнення великих шматків і грохочення їх на фракції. При чому під час дроблення також можуть утворюватися як якісні, так і неякісні за формою зерна. Окрім того, наявність великого вмісту глинистих та пиловатих часток негативно впливає на міцність бетону. При вмісті таких часток більше 3 % необхідно мити щебінь із застосуванням різних установок (скруберів, мийок та ін.). Також кожен процес вимагає відповідного обладнання і робочої сили. Так, для отримання кубовидного щебню, який вважається найбільш якісним, необхідно купувати дороге імпортне обладнання.

Невід'ємним і більш енергоємним компонентом бетону ніж щебінь є цемент, технологія якого складна, вимагає складного потужного обладнання, високої культури праці та постійного контролю якості

сировини та продукції. Окрім того, процеси виробництва пов'язані з викидами пилу і вуглекислоти у навколишнє середовище.

Наприкінці, технологія виготовлення будівельних конструкцій з бетону вимагає кваліфікованої робочої сили та такого складного обладнання, як бетоновози, бетононасоси, змішувачі, вібратори та ін. Це у сукупності з попередніми особливостями виготовлення щебню і цементу підвищує вартість кінцевої продукції.

Для деяких районів України застосування штучного каменю є єдиним шляхом зведення будівельних конструкцій, але для Центральної і Західної України, де присутня велика кількість родовищ природного каменю, застосування природного блочного каменю замість штучного є перспективним напрямком уникнення недоліків, пов'язаних з виробництвом штучного, і зменшення вартості будівельних матеріалів і будівництва в цілому.

М.Т. Бакка у своїх роботах писав, що споруди зі стандартного пиляного каменю та з крупних стінових блоків відповідно в 1,4...1,5 та 1,7...1,8 рази дешевші ніж із залізобетонних панелей. Це в першу чергу пов'язано зі зменшенням транспортних витрат і витрат на виробництво штучного каменю. Однак все ж таки залишається незрозумілою область використання таких блоків в сучасному будівництві. При висотному будівництві бетон є більш зручним і безпечним матеріалом, ніж важкі блоки.

Відповідно до властивостей, природний камінь має достатню міцність, стійкість до дії агресивного середовища, низьку пористість та водопоглинення. Проте, як і штучний камінь, природний має низьку міцність на згин, тому він вимагає певного армування при застосуванні його в будівництві, що пов'язано з вирішенням ряду питань.

Таким чином, актуальними є питання ефективної області використання природного пильного каменю і його армування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Зокрема, розробці способів армування стінових блоків з природного каменю

присвячено публікації М.И. Суботкина, П.Т. Трунова і М.К. Белокопя, І.І. Демченка, Ф.П. Співакова, В.К. Бублика, С. Гао та ін.

Важливість застосування композиційних матеріалів і методи посилення армованих кам'яних конструкцій такими матеріалами висвітлено в роботах А.М. Лопес-Буендіа, В. Полінні, К. Белліні, Ю.Ю. Затюка, П.І. Вегери, А.А. Пазетто та ін.

Мета дослідження.

Метою статті є дослідження способів армування природного блочного каменю для його застосування в якості несучої будівельної конструкції.

Методи дослідження.

Під час дослідження використовувалися такі загальнологічні методи як узагальнення, аналіз і синтез, аналогія абстрагування та моделювання.

Викладення основного матеріалу.

Застосування блоків з природного каменю має свої переваги. По перше, вартість готової кам'яної конструкції з блочного каменю знижується за рахунок зниження витрат на подвійне транспортування сировини з кар'єру на дробильно-сортувальний завод, далі на бетонозмішувальний вузол і звідти вже бетон транспортується на будівельний майданчик.

По друге, відсутні великі капітальні витрати на придбання спеціального обладнання і амортизаційних відрахувань на його відновлення.

По третє, принцип збірної конструкції дозволяє підвищити темпи будівництва. Поділ конструкції на окремі частини і застосування блоків з природного каменю дозволяють, знову таки, уникнути витрат пов'язаних з виготовленням таких блоків з бетону. Окрім того, при правильно обраній гірської породі, з якої буде випилюватися блок, можна отримати виріб з певними кінцевими робочими характеристиками одразу після відокремлення блоку від масиву.

На останок, природний камінь володіє більшою міцністю та кращою водонепроникністю внаслідок меншої пористості. Це обумовлено умовами утворення гірських порід. В будівництві використовуються різні будівельні гірські породи, але для конструкцій, що вимагають

високої міцності і морозостійкості, використовуються в основному такі магматичні породи як граніти, базальти та інші з щільним розташуванням кристалів, що і обумовлює низьку пористість.

Підсумовуючи можна виділити основні переваги використання блочного каменю в якості будівельної конструкції:

- зниження вартості готової продукції і шкідливого впливу на навколишнє середовище за рахунок зниження енергоємності і металоємності виробництва;

- зменшення строків будівництва і миттєве отримання конструкції з остаточною міцністю на стиск, яка може перевищувати міцність бетону в декілька разів;

- зменшення загальної пористості та підвищення водонепроникності конструкції.

Крім переваг використання природного блочного каменю є недоліки, які заважають його широкому використанню в будівництві:

- не висока межа міцності на вигин і розтяг обумовлює необхідність в армуванні;

- відсутність монтажних петель ускладнює процеси навантаження, розвантаження і транспортування;

- придатність лише для вузького кола конструкцій.

Таким чином, розробка ефективного способу армування блоків дозволить отримати недорогу будівельну конструкцію з перерахованими перевагами. Армування також можна буде в певній мірі використовувати замість монтажних петель.

Найбільш перспективною сферою застосування природного каменю в якості конструкційного матеріалу з точки зору технологічності є влаштування основ та фундаментів – найбільш дорогих елементів будівель. В будівництві часто використовують армовані і не армовані бетонні фундаментні блоки типу ФБС. Такі блоки використовуються для влаштування стрічкових фундаментів різних типів будівель у цивільному, приватному та промисловому будівництві, для зведення стін підвалів, цоколів, естакад, пандусів та ін. Вони значно прискорює і спрощують процес будівництва. Проте, блоки зв'язуються між собою лише цементно-піщаним розчином, тому сфера застосування таких фундаментів обмежується малоповерховими будівлями.

В якості сировини для виготовлення такого блоку слід обирати міцні щільні скельні породи, такі як вапняки, граніти та інші, які не мають ніякої декоративної цінності. Декоративний природний камінь використовується в основному для виготовлення облицювальної, оздоблюваної, ритуальної та монументальної продукції і має високу ціну. Порівняння характеристик граніту і бетону представлено у табл.1.

З урахуванням того, що техніка і технологія видобування блочного каменю добре вивчені, вирізання блоків будь-яких розмірів не є проблематичним і обумовлюється в основному зношуванням алмазного інструменту. Для зниження впливу цього фактору можна використовувати більш дешеві способи відокремлення блоків від масиву, тому що високий ступінь обробки поверхні блоку при використанні його для влаштування фундаментів не є обов'язковим. При чому, в деяких випадках нерівна поверхня, отримана при розколюванні блоку, навпаки покращить зв'язок блоку з бетоном конструкції.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики

Характеристика	Бетон класу В40	Граніт
Міцність на стиск, МПа	50	100-300
Густина, кг/см ³	2,3-2,5	2,6-2,8
Пористість, %	10-15	0,1-6,9
Водопоглинання, %	2-6	0,02-1,7

Для забезпечення більшої міцності блоку на згин необхідно вирішити питання його армування. Для цього необхідно проаналізувати відомі способи армування блоків природнього каменю. Одним зі способів армування плит, балок та ін. будівельних елементів з природнього каменю є спосіб запропонований Суботкіним М.І., згідно якого в елементах, що підлягають армуванню, прорізають канавки, вкладають туди арматурні стрижні і закладають розчином або бетоном [1]. Спосіб відрізняється простотою, але застосовується в основному для армування будівельних елементів з таких гірських порід, як ракушняк, туф та ін.

У роботі [2] наведено результати експериментальних досліджень застосування

вище описаного способу при армуванні гранітних балок вуглепластиковими і спіральними сталевими прутками. У разі максимальних коефіцієнтів армування навантаження тріщиноутворення, навантаження руйнування та руйнуючий зсув збільшуються відповідно на 10,9 %, 167 % та 617 %.

Інший спосіб армування був запропонований Труновим П.Т та іншими. Він включає в себе розмічування блоку у вибої, буріння шпурів, що перетинають блок по діагоналі, розміщення сталевих стрижнів у шпурах і заповнення порожнин цементним розчином [3]. Цей спосіб дозволяє зберегти форму блоку під час його виймання, транспортування і монтажу. Така схема армування застосовується в основному для запобігання розпаданню блоку з слабких порід на частини і придатна для ракушняків, туфів та інших схожих порід.

І.І. Демченко, Ф.П. Співаков, В.К. Бублик [4] пропонували армувати блоки перед вийманням шляхом розміщення і закріплення розчином армуючих елементів по периметру блоку, в горизонтальних і вертикальних прорізах. Цей спосіб також призначений для збереження форми блоку зі слабких осадових порід під час його виймання або монтажу. Такі блоки не сприймають якись навантаження і призначені в основному для утеплення будівель.

Для фундаментного блоку важливим є сприймання згинаючого навантаження, тому і схема армування для створення рівноцінного блоку залізо-кам'яного фундаменту має бути такою же.

При армуванні бетонних блоків застосовується повздожня та поперечна сталеві арматура. Повздожня сприймає розтягуючі напруження, у той час як поперечна необхідна для запобігання руйнування конструкції в похилих перерізах, під час нерівномірного сприйняття поперечної сили, а також для фіксації повздожньої арматури у завданому положенні, що запобігає її розсуненню. Під час армування блоку природнього каменю отвори для розміщення повздожньої арматури можуть бути пробурені безпосередньо у вибої, перед відділенням блоку від масиву. Також розміщення стрижнів в цих отворах дозволить забезпечити цілісність блоку і спростити

його виймання та навантажувально-розвантажувальні роботи. Однак, буріння отворів для поперечної арматури зведе нанівець запропонований спосіб виготовлення блоків, внаслідок зростання витрат часу, бурильного інструменту та зниження природньої міцності каменю, що може призвести до руйнування блоку на місці виконання робіт. Отже необхідно посилення такого блоку іншими методами.

Застосування зовнішніх композиційних матеріалів дозволяє отримати достатньо високі робочі характеристики конструкції. Наприклад, при армуванні тонких гранітних плит зовнішнім багатшаровим ламінатом зі скловолокна, що наклеюється на поверхню каменю за допомогою епоксидної смоли, дозволяє зменшити товщину плит до 78 % [5] і підвищити межу міцності граніту на вигін на 60 % [6].

Ефективність консолідації каменю і композиційного шару на основі епоксидної смоли залежить від відкритої пористості, змочуваності смолою, проникності, кривизни, а також міцності та адгезії смоли [7].

А.А. Пазето досліджував характеристики зовнішніх скловолокнистих композитів на основі епоксидних смол, що були нанесені на грубозернисте каміння [8]. Таке армування діє як інгібітор утворення тріщин, підвищуючи розривне навантаження до 6 разів у порівнянні зі зразками, де не застосовувалося армування.

Сучасний метод армування похилих перерізів балок без поперечної арматури зовнішніми композитними стрічками на основі вуглецевих волокон є достатньо вивченим [9, 10]. Так при застосуванні поліпаро-фенілен-бензо-бістрізола (так звані системи PBO-FRCM) дозволяє підвищити ефективність підсилення на 60 % без значного збільшення поперечного перерізу балки [10]. Отже саме ця система може бути застосована при армування блоку природнього каменю з метою створення фундаментного блоку. На рис. 1 представлено схему такого блоку з різними варіантами армування. Для обрання більш відповідної схеми армування необхідно провести додаткові дослідження несучої здатності, напружено-деформованого стану, жорсткості та тріщиностійкості таких блоків.

Друге питання, яке необхідно розглянути – це зчеплення арматурних стрижнів з поверхнею отворів. Розглянемо це питання більш детально.

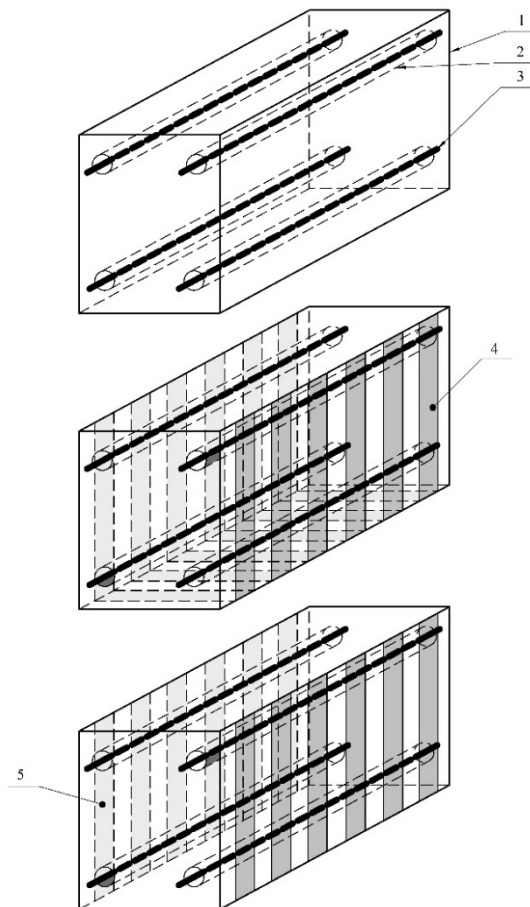


Рис. 1. Схема армування кам'яного пиляного моноліту: 1 – блок каменю; 2 – отвори для розміщення арматури; 3 – арматурні стрижні; 4 – U-подібна композитна стрічка; 5 – композитні стрічки, що наклеюються по боках

Пустоти між арматурою і поверхнею отворів блоку доцільно заповнювати цементно-піщаною сумішшю. Для армування щільних та монолітних порід основними чинниками, що впливають на якість армування, є міцність та адгезія розчину до поверхні виробу. На останній показник впливають: шорсткість, вологість, змочуваність, та усадка цементно-піщаного розчину. При розміщенні сталевих армуючих стрижнів в отворах чи канавках усадка має вирішальне значення, тому що при навіть невеликій усадці може порушуватися певним чином з'єднання армувального розчину з основою. Усунути таке явище можна застосовуючи цемент, що сам розширюється. Однак, виникає питання розробки такої

конструкції блоку, при якій процес розширення цементно-піщаного розчину не будуть руйнувати блок.

Для визначення приблизного значення мінімальної відстані від поверхні блоку до отвору круглого перерізу для розміщення арматури, використаємо рівняння Ламе для визначення напруження у товстостінній трубі, яке викликає внутрішній тиск. Максимальне напруження, що розтягує, буде виникати на внутрішній поверхні отвору і буде дорівнювати:

$$\sigma_p = p \frac{\delta^2 + r^2}{\delta^2 - r^2}, \quad (1)$$

де σ_p – напруження, що виникає МПа;

p – тиск розширення цементу, МПа;

δ – відстань від поверхні до внутрішньої стінки отвору, мм;

r – радіус внутрішнього отвору, мм.

Діаметр отворів може коливатися від 39 до 44 мм і залежить в основному від типу бурового верстату та зношення робочого долота.

Тиск розширення під час кристалізації цементу сягає 2-3 МПа згідно [11], а середня межа міцності граніту на розтяг 13 МПа. При такому тиску і діаметрі внутрішнього отвору 42 мм, мінімальна допустима товщина стінки складе 6 мм. Але необхідно враховувати неоднорідності та дефекти, які можуть зустрічатися у породі, та розтягуючі навантаження, які буде сприймати арматура і суміжна до неї зона. Тому мінімальну відстань від стінок отвору до поверхні необхідно розраховувати за більш складною розрахунковою схемою у купі з усіма параметрами навантаження.

Обговорення результатів.

Таким чином, в результаті аналізу ефективної області використання природного блочного каменю у будівництві встановлено, що при відповідному армуванні блоків, вони можуть бути ефективно використані при влаштуванні стрічкових фундаментів.

Також в результаті аналізу відомих способів армування природного каменю встановлено, що відсутній ефективний спосіб армування блоків природного каменю з важких магматичних порід, який забезпечить

виготовлення кам'яно-армованих будівельних конструкцій.

З точки зору технологічності і зручності виконання виймальних, вантажно-розвантажувальних і монтажних робіт, найбільш ефективним є спосіб армування, що передбачає буріння шпурів, розміщення в них арматурних стрижнів і заповнення цементом, що сам розширюється.

Поперечне армування, що складається з внутрішніх арматурних стрижнів може бути замінено зовнішнім армуванням з композитних стрічок, що наклеюються на нижню і бокові поверхні блоку за допомогою епоксидних смол аналогічно армуванню залізобетонних блоків.

Висновок.

Запропонований спосіб армування блоків природного каменю і виготовлення фундаментних блоків є простим і не потребує складного устаткування, що дозволяє виготовляти такі блоки частково безпосередньо під час виймання з масиву порід. Це дозволить знизити вартість і підвищити якість готового фундаментного блоку.

Буріння отворів у блоці і розміщення арматурних стрижнів в ньому безпосередньо у вибої перед відокремленням від масиву порід значно полегшить подальші роботи, а також забезпечить цілісність блоку. Для цього необхідно обґрунтувати і перевірити методику розрахунку мінімально допустимої відстані від поверхні до стінки отвору з урахуванням неоднорідностей і дефектів породи, а також властивостей цементного розчину, що сам розширюється, і його взаємодії зі стінками блоку.

Застосування методів армування балок без поперечної арматури композитними стрічками з вуглецевих волокон дозволить залишити лише повздовжні стрижні арматури. Проте необхідно додатково вивчити несучу здатності, напружено-деформованого стан, жорсткість та тріщиностійкість таких блоків.

В цілому запропонований спосіб виготовлення фундаментних блоків є ефективним. Проте визначення вартісних показників і раціональності його застосування також потребує додаткового вивчення.

Список літератури

1. Пат. 336502 СССР. Способ армирования плит, балок и т.п. строительных элементов из естественного камня. Опубл. 31.03.1946.
2. Xiaopeng Gao, Zhongfan Chen, Xiaomeng Ding, Erxiang Dong, "Experimental Investigation on Flexural Behavior of Granite Stone Slabs with Near Surface Mounted CFRP Bars and Screw-Thread Steels", *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018, Article ID 9807140, 30 pages, 2018.
3. Способ изготовления стеновых каменных блоков: пат. 1601004/29-14 СССР: Е 04 С 1/04, № 355318; заявл. 16.12.1970; опубл. 16.10.1971, Бюл. № 31. 2 с.
4. Способ добычи стеновых блоков: пат. 2660511/22-03 СССР: Е 21 С 41/12, Е 04 С 1/04, № 723147; заявл. 01.09.1978; опубл. 25.03.1980, Бюл. № 11. 2 с.
5. Polini W., Sorrentino L., Turchetta S., Fiorini M. Polymeric composite laminate to increase the performance of natural stones. *International Journal of Engineering and Technology*. 2015. 7. P. 453-460.
6. Bellini C., Polini W., Sorrentino L., Turchetta S. Mechanical performances increasing of natural stones by GFRP sandwich structures. *Procedia Structural Integrity*. 2018. 9. P. 179-185.
7. López-Buendía, A. M., Guillem, C., Cuevas, J. M., Mateos, F., & Montoto, M. Natural stone reinforcement of discontinuities with resin for industrial processing. *Engineering Geology*. 2013. 166. P. 39–51.
8. Pazeto, A. A., Amaral, P. M., Pinheiro, J. R., & Paraguassú, A. B. Effects of glass fiber-reinforcement on the mechanical properties of coarse grained building stone. *Construction and Building Materials*. 2017. 155. P. 79–87.
9. Затюк Ю.Ю. Напружено-деформований стан та розрахунок залізо-бетонних згинальних елементів, підсилені в стиснутій та розтягнутій зонах : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Рівне, 2019. 21 с.
10. Вегера П.І., Вашкевич Р.В., Хміль Р.С., Бліхарський З.Я. Методика розрахунку похилих перерізів залізобетонних балок без поперечного армування та з зовнішньою композитною арматурою. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. Вип. № 77. С.38-45.
11. Булатов А.И. Миф о расширяющихся цементах. *Бурение и нефть*. 2016. №2.

References

1. Subotkin, M.I. (1946). Sposob armirovaniya плит, balok i t.p. stroitel'nykh elementov iz yestestvennogo kamnya. Pat. 336502 SSSR. (in Russian).
2. Xiaopeng Gao, Zhongfan Chen, Xiaomeng Ding, Erxiang Dong, "Experimental Investigation on Flexural Behavior of Granite Stone Slabs with Near Surface Mounted CFRP Bars and Screw-Thread Steels", *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018, Article ID 9807140, 30 pages, 2018.
3. Trunov P.T., Belokon' M.K., Ivanov V.D. (1971). Sposob izgotovleniya stenovykh kamennykh blokov. Pat. 1601004/29-14 SSSR. (in Russian).
4. Demchenko I.I., Spivakov F.P., Drobotya V.G., Bublik V.K., Zanevchik YA.A., Rotar' I.V. (1978) Sposob dobychi stenovykh blokov. Pat. 2660511/22-03 SSSR. (in Russian).
5. Polini, W., Sorrentino, L., Turchetta S., Fiorini, M. (2015). Polymeric composite laminate to increase the performance of natural stones. *International Journal of Engineering and Technology*, 7, 453-460.
6. Bellini C., Polini W., Sorrentino L., Turchetta S. (2018). Mechanical performances increasing of natural stones by GFRP sandwich structures. *Procedia Structural Integrity*, 9, 179-185.
7. López-Buendía, A. M., Guillem, C., Cuevas, J. M., Mateos, F., & Montoto, M. (2013). Natural stone reinforcement of discontinuities with resin for industrial processing. *Engineering Geology*, 166, 39–51.
8. Pazeto, A. A., Amaral, P. M., Pinheiro, J. R., & Paraguassú, A. B. (2017). Effects of glass fiber-reinforcement on the mechanical properties of coarse grained building stone. *Construction and Building Materials*, 155, 79–87.
9. Zatiuk Yu.Yu. (2019). Napruzhenodeformovanyi stan ta rozrakhunok zalizo-betonnykh zghynalnykh elementiv, pidsylenykh v stysnutii ta roztyahnutii zonakh. (Extended abstract of dissertation of Candidate of Technical Sciences). Rivne. (in Ukrainian).
10. Vehera P.I., Vashkevych R.V., Khmil R.Ie., Blikharskyi Z.Ia. (2019). Metodyka rozrakhunku pokhilykh pereriziv zalizobetonnykh balok bez poperechnoho armuvannia ta z zovnishnoi kompozytnoiu armaturoiu. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, Odesa, 77, 38-45. (in Ukrainian).
11. Bulatov A.I. (2016). Mif o rasshiryayushchikhsya tsementakh, *Drilling and oil*, 2. (in Russian).

Надійшла до редакції 07.11.2021

Рецензент канд. техн. наук, доц. С.С. Іськов

Хоменчук Олег Володимирович – доцент, к.т.н., доцент кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» (вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна). E-mail: khomenchuk@ztu.edu.ua.

Остафійчук Неля Миколаївна – старший викладач кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» (вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна). E-mail: onm.gef@ukr.net.

Колодій Марина Анатоліївна – старший викладач кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» (вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна). E-mail: kgt_kma@ztu.edu.ua.

Скиба Галина Віталіївна – доцент, к.т.н., доцент кафедри екології Державного університету «Житомирська політехніка» (вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна).
E-mail: skybagalyna26@gmail.com.

PROSPECTS OF USING NATURAL BLOCK STONE AS A SUPPORTING BUILDING STRUCTURE

Purpose. Research of reinforcement methods of natural block stone and possibilities of its application as a load-bearing building structure.

Methods. The study used such general logical methods as generalization, analysis and synthesis, analogy, abstraction and modelling.

Results. Disadvantages of traditional technology of mining of raw materials for concrete production and the factors that increase the final cost of concrete structures are considered. Advantages and disadvantages of natural block stone in comparison with reinforced concrete building structures on the example of foundation blocks are considered. In order to reduce the cost, improve performance and give the production more flexibility, it is proposed to make such blocks of natural stone blocks with low decorative value. The analysis of known methods of reinforcement of natural stone is made, and the scheme of reinforcement of the block is developed. In order to develop effective reinforcement of such blocks, it is proposed to place the longitudinal reinforcement in the holes drilled in the block before its removal from massif, and fill them with self-expanding cement. Known methods of strengthening the inclined sections of reinforced concrete beams without transverse reinforcement are considered. To strengthen the inclined sections of the natural stone block, it is proposed to use a similar system of external reinforcement of reinforced concrete beams with carbon fiber-based tapes, which are glued with epoxy resins.

Scientific novelty. For the first time in the general case, it is proposed to use natural block stone, reinforced with internal and external reinforcement, as a load-bearing structural element of the prefabricated ferro-stone foundation.

Practical significance. Preliminary calculation of the minimum allowable distance from the inner wall of the holes for reinforcement rods to the outer surface of the unit without taking into account the inhomogeneities and defects that may occur in the rock, and additional loads during operation of such a unit was made. The obtained result is determined by the pressure of the cement mortar, which expands itself. If this distance is reduced, the whole wall may be destroyed. The issues that need to be solved to substantiate the proposed method of manufacturing foundation blocks, which will use all the benefits of natural stone and reduce the cost of manufacturing foundation blocks, are formulated.

Keywords: natural stone; armature; inclined section; carbon fiber; foundation block.

Khomenchuk Oleh - Associate Professor, PhD, Associate Professor of the Department of Development of Mineral Deposits named after prof. Bakka M. T. of Zhytomyr Polytechnic State University (Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine).
E-mail: khomenchuk@ztu.edu.ua.

Ostafiychuk Nelya - Senior Lecturer of the Department of Development of Mineral Deposits named after prof. Bakka M. T. of Zhytomyr Polytechnic State University (Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine).
E-mail: onm.gef@ukr.net.

Kolodii Marina - Senior Lecturer of the Department of Development of Mineral Deposits named after prof. Bakka M. T. of Zhytomyr Polytechnic State University (Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine).
E-mail: kgt_kma@ztu.edu.ua.

Skyba Galyna - Associate Professor, PhD, Associate Professor of the Department of Ecology of Zhytomyr Polytechnic State University (Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine).
E-mail: skybagalyna26@gmail.com.