

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**БОРИС ГАЛИНА ІГОРІВНА**

УДК 624.012.25

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НЕРУЙНІВНИМИ  
МЕТОДАМИ КОНТРОЛЮ**

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

**Автореферат**  
дипломної роботи на здобуття освітнього рівня «магістр»

Тернопіль 2019

Роботу виконано на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України.

**Керівник роботи:** **к.т.н., доц. Конончук Олександр Петрович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,  
доцент кафедри будівельних конструкцій.

**Рецензент:** **Лупійчук Сергій Ігорович,**  
ПП «АГАТА-БУД»,  
генеральний директор.

Захист відбудеться 29 травня 2019 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №7 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №2, ауд. 35.

Секретар екзаменаційної комісії №7 \_\_\_\_\_ Міщук О.І.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Питання контролю міцності бетону залишається досить актуальним, оскільки саме даний параметр є основною характеристикою і дозволяє давати оцінку стану будівельних конструкцій в умовах монолітного зведення будівель та в процесі їх експлуатації. Оскільки поточний контроль міцності бетону руйнівними методами потребує значних затрат, існує необхідність пошуку більш економічних методів. Такими є методи неруйнівного контролю, що дозволяють виконувати дослідження без руйнування матеріалу. Одним із ефективних методів неруйнівного контролю є метод ударного імпульсу, який на відміну від інших методів дозволяє враховувати як і пружні так і пластичні деформації дослідного зразка. Враховуючи темпи росту будівництва, а також підвищення складності споруджуваних об'єктів з інженерної та архітектурної точки зору вимоги до якості бетону мають тенденцію до зростання. Тому удосконалення методів та методик неруйнівного контролю, в тому числі і методу ударного імпульсу, залишається досить актуальним. В наш час легкий бетон став прогресивним матеріалом в будівництві. Його часто використовують при зведенні конструкцій різного призначення. Використання легких бетонів дає змогу зменшити вагу будівель та споруд, а в кінцевому результаті і вартість спорудження об'єктів. Завдяки цьому вони набули широкого застосування при будівництві багатоповерхових будівель в районах з підвищеною сейсмічною активністю. Поряд із зведенням будівель, актуальним питанням залишається використання легких бетонів при реконструкції будівель та споруд, що дозволяє зменшити додаткову вагу на нижче лежачі несучі конструкції, фундаменти та основи. Враховуючи все вище сказане, виникає необхідність контролю міцності методами неруйнівного контролю конструкцій виготовлених не тільки з важких, а й з легких бетонів. Аналізуючи дослідження в галузі неруйнівного контролю не виявлено досліджень проведених даними методами на зразках із легкого бетону. Тому в даній роботі розроблено програму дослідження зразків із керамзитобетону одним з неруйнівних методів контролю, представлені та проаналізовані результати досліджень.

**Мета роботи** – дослідження керамзитобетону методом ударного імпульсу та встановлення залежності між зміною класу міцності бетону та похибкою приладу.

**Об'єкт дослідження** – керамзитобетонні куби та плата.

**Предмет дослідження** – міцність керамзитобетону різних класів.

**Методи дослідження** – експериментальний, графічний, порівняльний, теоретико-емпіричний, економіко-статистичний..

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- отримала подальший розвиток методика дослідження міцності приладами неруйнівного контролю, а саме ударного імпульсу, для легких бетонів, зокрема керамзитобетону;
- удосконалено статистичну обробку даних, отриманих при дослідженні керамзитобетонних зразків неруйнівним методом контролю (ударним імпульсом);

- встановлено вплив зміни міцності керамзитобетону на похибки приладу методу ударного імпульсу.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані в роботі результати на даному етапі досліджень можна застосовувати при поточному контролі якості виготовлення монолітних залізобетонних конструкцій.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 28 – 29 листопада 2018 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу у вигляді слайдів. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 9 частин, висновків, переліку посилань та 3 додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 111 арк. формату А4, слайди – 30 шт.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** проаналізовано актуальність застосування неруйнівних методів досліджень для контролю міцності легкого бетону, зокрема керамзитобетону, як на етапі виробництва, так і в процесі реконструкції та експлуатації готових будівель та споруд.

В **розділі 1** проведено аналіз літературних джерел, що відносяться до області застосування неруйнівних методів контролю міцності бетонних та залізобетонних виробів та конструкцій. Проаналізовано переваги методу ударного імпульсу над іншими методами неруйнівного контролю. Розглянуто актуальність застосування монолітного керамзитобетону в житловому, промисловому, сільськогосподарському та транспортному будівництві.

В **розділі 2** визначено мету та основні задачі експериментальних досліджень за обраною тематикою.

В **розділі 3** наведено програму та методику експериментальних досліджень міцності легкого бетону неруйнівним та руйнівним методами контролю, показано основні етапи виготовлення керамзитобетонних зразків. Дослідження проводились на базі «Науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів, виробів та конструкцій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та Тернопільському науково-виробничому центрі стандартизації, метрології та сертифікації ДП «Тернопільстандартметрологія».

Програма досліджень включала в себе три серії зразків з легкого бетону різних класів міцності: С 5/8, С 12/15, С 18/22,5. Кожна серія була виготовлена із одного замісу бетону і складалася із шести бетонних кубів, розмірами граней 150×150×150 мм та однієї залізобетонної плити, розмірами – 150×300×450 мм, конструктивно армованої каркасом з дроту Ø4 Вр-I.

В даному розділі описано основні технічні характеристики та принципи роботи приладів неруйнівного – ИПС-МГ4.03 (рис.1,а) та руйнівного контролю – Matest C055N (рис.1,б) .

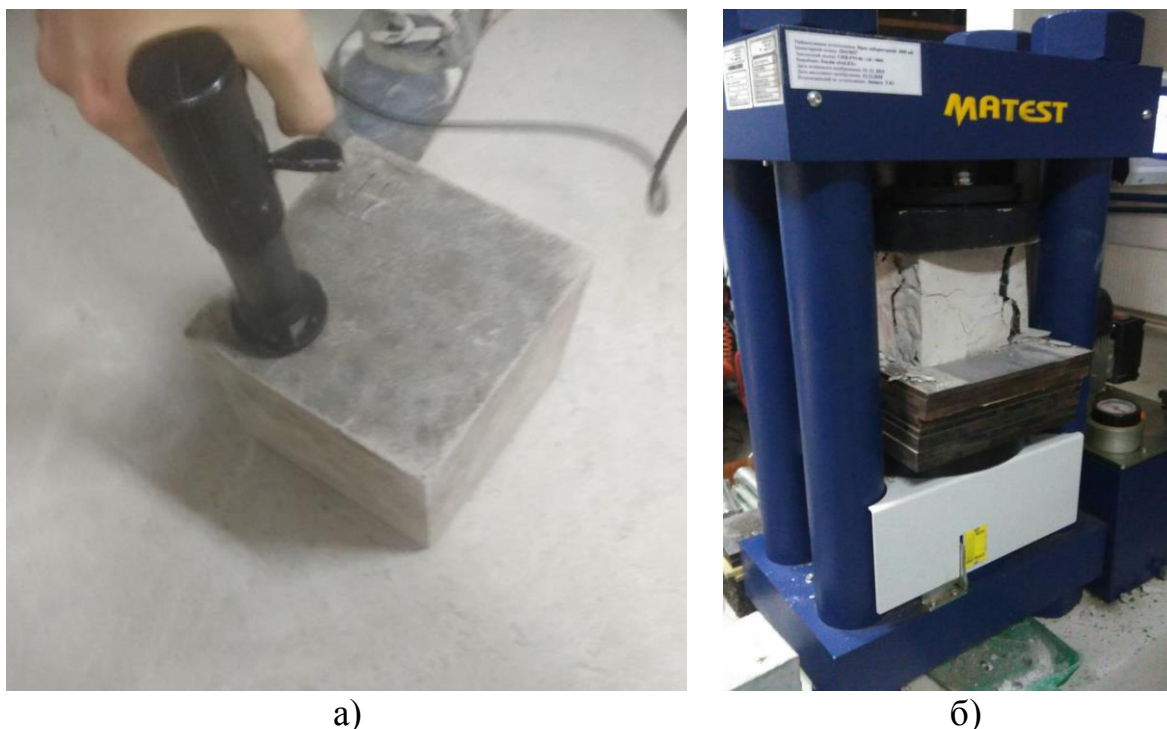


Рисунок 1 – Проведення експериментальних випробувань: а) неруйнівним контролем – ИПС-МГ4.03; б) руйнівним контролем – Matest C055N.

**В розділі 4** подано числові дані, отримані при дослідженні трьох серії зразків з легкого бетону різних класів міцності: С 5/8, С 12/15, С 18/22,5 у віці 7, 14, 28 та 50 діб.

**В розділі 5** проведено статистичну обробку даних випробувань отриманих методом ударного імпульсу та руйнівним методом на пресі і проаналізовано отримані результати.

Внаслідок статистичної обробки числових даних, отриманих методом ударного імпульсу, визначено міцнісний проміжок  $\bar{\sigma}_B^3 \pm \sigma_B (X)$ , який дозволяє виключити ті значення міцності, що не відповідають необхідній забезпечуваності результатів. У результаті отримано середні значення міцності керамзитобетону, що були використані при подальшому аналізі проведених досліджень.

При проведенні статистичної обробки даних отриманих руйнівним методом на пресі Matest C055N встановлено відповідність виготовлених класів міцності керамзитобетону проектним. У результаті лише перша серія зразків відповідає їх проектній міцності, друга та третя серія – виготовлена із деяким заниженням міцності. Проте, дана похибка при виготовленні зразків, значно не вплине на вирішення поставлених в даній роботі мети та задач досліджень.

При аналізі результатів досліджень встановлено вплив віку керамзитобетону на зміну його міцності в процесі твердіння (рис.2) із застосуванням неруйнівного методу контролю – ударного імпульсу. Для низьких та середніх класів міцності

керамзитобетону приріст проектної міцності до 28 діб близький до лінійного, тоді як для більш високих класів міцності – криволінійний. Набір міцності на 14 добу для низьких та середніх класів міцності становить 61,9% та 62,2%, а для більш високих класів міцності відповідне значення становить 80,6%.

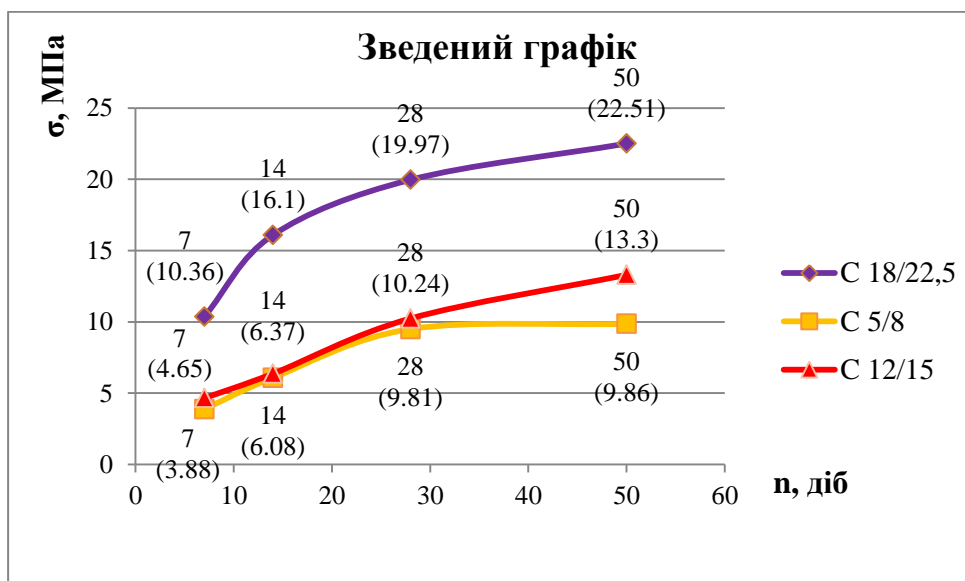


Рисунок 2 – Зведений графік зміни міцності керамзитобетону для трьох серій зразків в залежності від часу твердіння

**В спеціальній частині** проведено порівняння даних отриманих в результаті визначення міцності бетону методом ударного імпульсу та результатами випробувань на пресі Matest C055N. Відхилення міцності бетону отриманої методом ударного імпульсу від реальної міцності становить 6,4 % та 24,6 % для класів міцності C5/8 та C8/10 відповідно. Для серії зразків виготовленої із керамзитобетону класу C12/15 відхилення значні – більше 50%. Тобто спостерігається тенденція до збільшення похибки вимірювання відповідно з підвищенням класу міцності керамзитобетону.

**В розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено порівняння вартості улаштування монолітного перекриття із керамзитобетону та важкого бетону з профнастилом по металевим балкам за допомогою програмного комплексу АВК-5. Встановлено, що економічна ефективність улаштування перекриття із керамзитобетону порівняно із вартістю перекриття із важкого бетону становить 9,8 %.

**В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** проведено огляд основних законодавчих та нормативно-правових актів про охорону праці в Україні, розглянуто вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії, встановлено вплив цементу і цементного пилу на організм людини та наведено заходи з техніки безпеки для зменшення негативного впливу на організм людини, описано основні шляхи і способи підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі у воєнний час.

**В розділі «Екологія»** проаналізовано вплив на навколишнє середовище підприємств цементної промисловості. Для мінімізації ризику негативного впливу

на навколишнє середовище і здоров'я людей потрібно впроваджувати нові ефективні технології утилізації відходів цементної промисловості та проводити періодичний моніторинг атмосферного повітря прилеглих територій. А також доведено екологічність керамзиту, завдяки чому він користується популярністю не тільки в Україні, а й в багатьох країнах Європи.

### **ВИСНОВКИ**

1. Проаналізувавши попередні дослідження в галузі технічного обстеження будівельних конструкцій, будівель та споруд встановлено, що використання неруйнівних методів контролю для встановлення міцнісних характеристик легкого бетону, зокрема керамзитобетону, практично не застосовувались, а тому потребують додаткового дослідження.
2. Розроблено методику та програму експериментальних досліджень зразків із керамзитобетону різних класів міцності методом ударного імпульсу та руйнівним методом контролю.
3. Проведено випробування зразків із керамзитобетону неруйнівним та руйнівним методами контролю на різних етапах набору міцності – у віці 7, 14, 28 та 50 діб.
4. Виконано статистичну обробку отриманих даних та встановлено розбіжність між неруйнівним та руйнівним методами контролю міцності керамзитобетону. У відсотковому співвідношенні відхилення від реальної міцності складають 6,4%, 24,6% та більше 50% відповідно для бетону класу міцності C5/8, C8/10 та C12/15.
5. Встановлено вплив зміни міцності керамзитобетону на похибки приладу методу ударного імпульсу. З підвищенням класу міцності керамзитобетону спостерігається тенденція збільшення похибки приладу. Такі результати пов'язані з принципом роботи приладу та міцнісними характеристиками пористого заповнювача – керамзиту.
6. Проаналізовано вплив віку керамзитобетону на зміну його міцності в процесі твердіння із застосуванням неруйнівного методу контролю. Для низьких та середніх класів міцності керамзитобетону приріст проектної міцності до 28 діб близький до лінійного, тоді як для більш високих класів міцності – криволінійний. Набір міцності на 14 добу для низьких та середніх класів міцності становить 61,9% та 62,2%, а для більш високих класів міцності відповідне значення становить 80,6%. Подальше зростання міцності бетону для середніх і високих класів міцності після 28 діб зростає в середньому на 15-30% , тоді як для низьких класів практично призупиняється.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Дослідження кубової міцності керамзитобетону неруйнівними методами контролю / Г.І. Борис, Т.В. Зуляк, О.А. Шимків // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 28-29 листопада 2018 року — Т. : ТНТУ, 2018 — Том I. — С. 17-18. — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

### АНОТАЦІЯ

Борис Г. І. Дослідження міцності керамзитобетону неруйнівними методами контролю. Дипломна робота на здобуття освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2019.

В дипломній роботі виконано експериментально-теоретичні дослідження міцності керамзитобетону неруйнівним методом ударного імпульсу та руйнівним методом контролю. Виконано статистичну обробку та аналіз отриманих даних. Встановлено вплив зміни міцності керамзитобетону на похибки приладу методу ударного імпульсу. Проаналізовано вплив віку керамзитобетону на зміну його міцності в процесі твердіння із застосуванням неруйнівного методу контролю.

**Ключові слова:** керамзитобетон, міцність, ударний імпульс, неруйнівні методи

### ANNOTATION

Borys G. Investigation of the strength of claydite-concrete by non-destructive methods of control. Diploma work on obtaining an educational degree "Master" in specialty 192 "Construction and civil engineering". – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2019.

In the thesis the experimental and theoretical studies of the strength of claydite concrete with non-destructive method of impact impulse and destructive control method are performed. The statistical processing and analysis of the received data are executed. The influence of the change of durability of claydite on the errors of the device of the impact pulse method is established. The influence of age of claydite-concrete on change of its strength in the process of hardening with the use of non-destructive control method is analyzed.

**Key words:** claydite-concrete, strength, impact impulse, non-destructive methods