

© В.В. Лапко¹, І.В. Шека¹, А.О. Хорольський², В.М. Почепов¹, О.Р. Мамайкін¹
¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна
²Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЗДОВЖНИХ І ПОПЕРЕЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ СТАЛЕПОЛІМЕРНИХ ТА КАНАТНИХ АНКЕРІВ

V. Lapko¹, <https://orcid.org/0000-0002-1466-0312>
I. Sheka¹, <https://orcid.org/0000-0001-6818-2902>
A. Khorolskyi², <https://orcid.org/0000-0002-4703-7228>
V. Pochepov¹, <https://orcid.org/0000-0001-8950-8713>
O. Mamaikin¹ <https://orcid.org/0000-0002-2137-0516>

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

²Branch for Physics of Mining Processes of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics the National Academy Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

LABORATORY STUDIES OF LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL DEFORMATIONS OF RESINGROUTED AND ROPE ANCHORS

Мета. Експериментальне визначення закономірностей розвитку поздовжніх і поперечних деформацій сталеполімерних та канатних анкерів при зростаючому навантаженні.

Методика дослідження. Лабораторні дослідження виконувалися на уніфікованому випробувальному стенді з поетапним прикладанням бічного та осьового навантаження в діапазоні 10–50 кН. На кожному ступені фіксувалися поздовжні й поперечні деформації сталеполімерних і канатних анкерів з подальшим побудуванням залежностей «навантаження-деформація» та їх порівняльним аналізом.

Результати дослідження. Встановлено, що зі збільшенням бічного тиску поперечні деформації сталеполімерного анкера зростають від 0,004–0,005 до 0,020–0,022, тоді як для канатного анкера вони досягають 0,030–0,035. Таким чином, при максимальних навантаженнях поперечні деформації канатного анкера перевищують відповідні показники сталеполімерного приблизно в 1,4–1,6 раза. При дослідженні поздовжніх деформацій встановлено, що для сталеполімерного анкера їх значення змінюються від 0,003–0,004 при мінімальному навантаженні до 0,018–0,020 при максимальному. Канатний анкер демонструє інтенсивніше зростання від 0,006–0,008 до 0,040–0,045 у тому самому діапазоні зусиль. При навантаженнях понад 30 кН розходження між кривими деформування стає більш вираженим, що підтверджує меншу осьову жорсткість та вищу деформативність канатного анкера. Отримані результати свідчать про суттєві відмінності механізмів роботи досліджуваних анкерів.

Наукова новизна. Вперше встановлено кількісні закономірності розвитку поздовжніх і поперечних деформацій сталеполімерних та канатних анкерів при поетапному зростанні бічного й осьового навантаження. Виявлено відмінності їх жорсткісних характеристик і механізмів сприйняття навантаження, що розширює уявлення про деформаційну поведінку анкерних систем кріплення.

Практичне значення. Отримані результати дають можливість використання встановлених експериментальних залежностей для обґрунтування вибору типу анкера та параметрів анкерного кріплення залежно від умов навантаження. Отримані дані можуть бути застосовані при проектуванні дворівневих анкерних систем підготовчих виробок з урахуванням їх жорсткісних і деформаційних характеристик.

Ключові слова: анкерне кріплення, гірництво, лабораторні дослідження, поздовжні деформації, поперечні деформації.

Вступ. Гірнична промисловість є одним з ключових індикаторів економічної безпеки України [1], забезпечуючи ресурсну базу для розвитку промисловості та паливно-енергетичного сектору [2].

В даний час переважна більшість гірничих виробок на вугільних шахтах Західного Донбасу здійснюється із застосуванням анкерного кріплення [3–5]. Застосування анкерних систем кріплення забезпечує розширення технологічних можливостей підземного видобутку корисних копалин та сприяє підвищенню рівня виробничої безпеки. Водночас формується комплекс нових науково-технічних та виробничих завдань, зумовлених проєктуванням [6], впровадженням [7] та експлуатацією анкерного кріплення у різних гірничо-геологічних умовах [8].

Подальше розширення сфер застосування анкерного кріплення та ускладнення гірничо-геологічних умов ведення робіт зумовлюють необхідність удосконалення існуючих конструктивних схем [9] і принципів підтримання гірничих виробок [10, 11]. Зростання глибин розробки, підвищення нерівномірного гірського тиску та наявність порід зі зниженою міцністю потребують залучення до роботи більш стійких шарів гірського масиву [12].

У складних гірничо-геологічних умовах особливого значення набуває вибір типу анкерів [13] та їх конструктивних характеристик [14], що забезпечують оптимальне сприйняття як поздовжніх, так і поперечних зусиль. Особливо важливою є оцінка деформаційної поведінки анкерних елементів у процесі поетапного навантаження, оскільки вона безпосередньо впливає на стійкість виробки та ефективність анкерної системи в цілому.

Незважаючи на значну кількість теоретичних та практичних досліджень щодо анкерного кріплення [15–19], питання порівняльної оцінки деформацій сталеполімерних і канатних анкерів при різних режимах навантаження залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, бракує систематизованих експериментальних даних про динаміку розвитку поперечних та поздовжніх деформацій, що ускладнює обґрунтований вибір конструктивних параметрів анкерних систем.

У зв'язку з вищевикладеним метою даної роботи є експериментальне визначення закономірностей розвитку поздовжніх і поперечних деформацій сталеполімерних та канатних анкерів при зростаючому навантаженні.

Основна частина. Однією з актуальних проблем сучасного гірничого виробництва є обґрунтований вибір параметрів дворівневих анкерних систем кріплення, здатних забезпечити стійкість виробок у складних гірничо-геологічних умовах. Ефективність таких систем значною мірою визначається деформаційними характеристиками окремих типів анкерів та особливостями їх роботи під дією поздовжніх і поперечних навантажень. Недостатня кількість узагальнених експериментальних даних щодо жорсткісних параметрів сталеполімерних і канатних анкерів ускладнює обґрунтування їх раціонального поєднання у складі дворівневого кріплення.

Дослідження виконані з метою отримання експериментальних даних про характер і динаміку розвитку поздовжніх і поперечних деформацій при поетапному збільшенні зовнішнього навантаження. Проведення даних експериментів обумовлено необхідністю більш глибокого вивчення деформаційних властивостей, які

в значній мірі визначають ефективність і надійність анкерних систем кріплення гірничих виробок.

Лабораторні дослідження проводилися на випробувальному стенді з поетапним прикладанням осьового та бічного навантаження в діапазоні 10-50 кН. Навантаження збільшували ступінчасто, з фіксацією показників на кожному рівні. Для сталеполімерних і канатних анкерів вимірювали поздовжні та поперечні деформації. На основі отриманих даних будували залежності «навантаження-деформація» та виконували їх порівняльний аналіз з метою оцінки жорсткісних характеристик анкерів.

В рамках лабораторних досліджень були реалізовані експериментальні схеми навантаження, що моделюють роботу сталеполімерних і канатних анкерів під впливом зростаючих осьових і поперечних зусиль. Це дозволило простежити динаміку зміни деформаційних параметрів залежно від рівня навантаження, виявити особливості їх розвитку на різних етапах навантаження, а також визначити моменти переходу від пружної роботи анкера до пружно-пластичного і граничного станів.

Схема випробувального зразка сталеполімерного і канатного анкерів представлена на рис. 1.

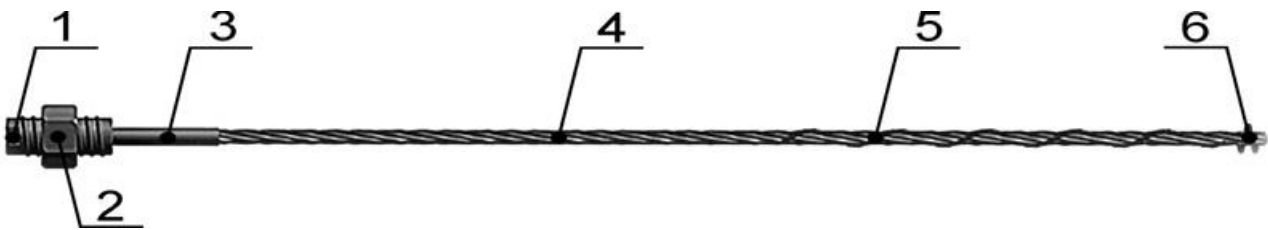


Рис. 1. Схема випробувального зразка сталеполімерного і канатного анкерів, де: 1 – болт; 2 – гайка; 3 – трубка жорсткості; 4 – канат; 5 – шнек дротяний з лівою різьбою; 6 – опорна спіраль

Схема відображає конструктивні особливості анкерних елементів і забезпечує наочне уявлення умов їх навантаження в процесі експерименту. Випробувальний зразок включає основні елементи: болт, гайку, трубку жорсткості, канат, дротяний шнек з лівою різьбою і опорну спіраль. Така компоновка дозволяє відтворити характерну роботу анкера в масиві гірських порід, забезпечуючи передачу зусиль від навантажувального пристрою до несучого елемента анкера. Наявність трубки жорсткості і опорних елементів забезпечує стабільність геометричного положення анкера в процесі навантаження і виключає вплив побічних факторів на результати вимірювань. Це особливо важливо при реєстрації поперечних деформацій, чутливих до умов закріплення і перерозподілу напружень.

Опорна гайка може бути розташована як на зовнішній поверхні муфти, так і на шпильці, вкрученій в осьовий отвір муфти. Кріплення каната в муфті (рис. 2) здійснюється за допомогою клинової втулки, встановленої на центральній сталці. Застосування уніфікованої схеми випробувань для сталеполімерних і канатних анкерів дозволило забезпечити збіжність результатів і коректне порівняння їх деформаційної поведінки при дії поздовжніх і поперечних навантажень.

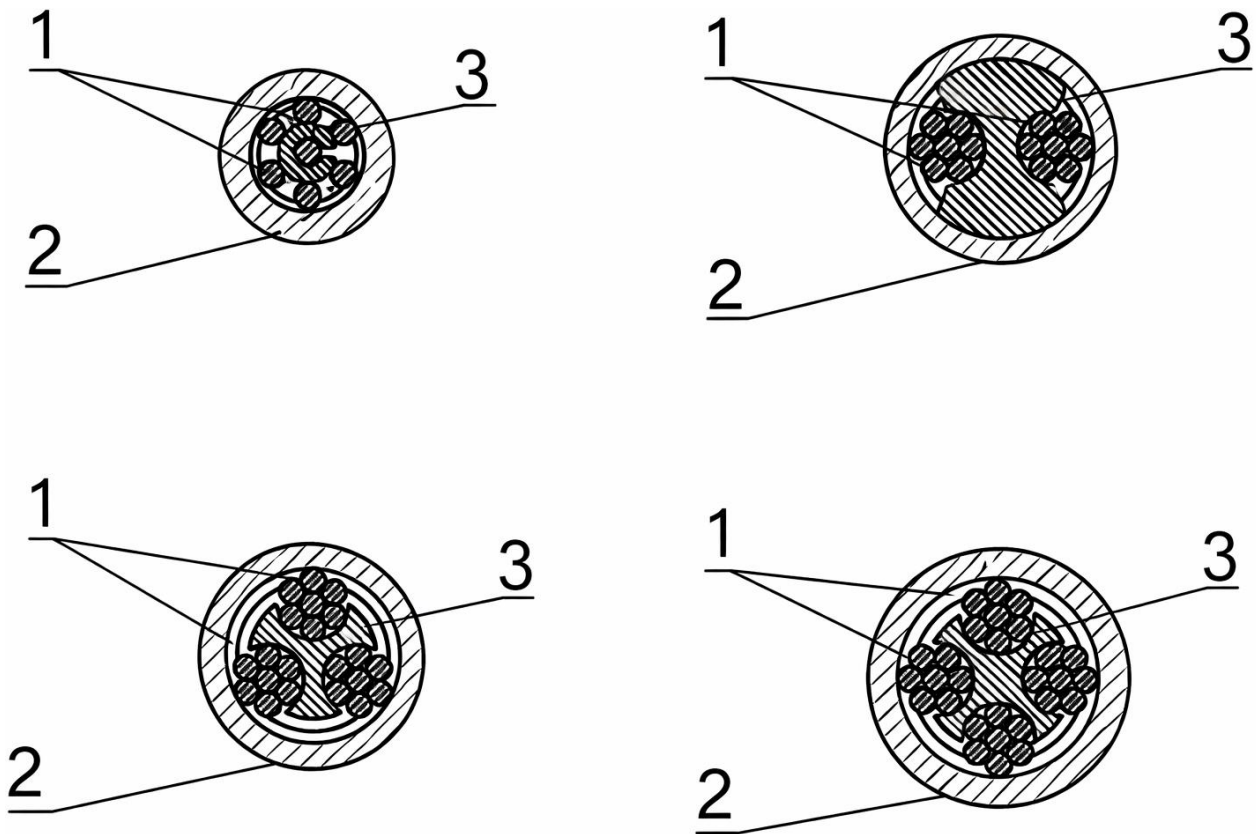


Рис. 2. Форми клинів для закріплення каната:
1 – канат; 2 – муфта з'єднувальна; 3 – втулка клинова

Першим проводилося дослідження динаміки зростання поперечних деформацій сталеполімерних і канатних анкерів. Метою дослідження була оцінка їх здатності сприймати бічний тиск, що виникає в результаті перерозподілу гірського тиску в приконтурній зоні гірничих виробок. Поперечні деформації є важливим показником взаємодії анкера з гірським масивом і суттєво впливають на стійкість системи кріплення.

На рис. 3 представлена залежність зміни величини поперечних деформацій при збільшенні бокового тиску. Зі зростанням навантаження для обох типів анкерів спостерігається закономірне збільшення деформацій, що свідчить про поступове залучення анкерного елемента до роботи та зростання напружено-деформованого стану. Аналіз експериментальних даних показує, що канатний анкер характеризується більшою податливістю щодо сталеполімерного анкера. Це виявляється у інтенсивнішому зростанні поперечних деформацій при однакових рівнях бічного тиску. Ця поведінка зумовлена конструктивними особливостями канатного анкера, а також його здатністю до перерозподілу напружень за рахунок деформації окремих дротів.

Аналіз експериментальних даних показує, що зі збільшенням бічного тиску в діапазоні від 10 до 50 кН величина поперечних деформацій обох типів анкерів зростає практично лінійно. Для сталеполімерного анкера значення поперечних деформацій орієнтовно збільшуються від 0,004-0,005 до 0,020-0,022, тоді як для канатного анкера в аналогічному діапазоні навантажень деформації досягають 0,030–0,035.

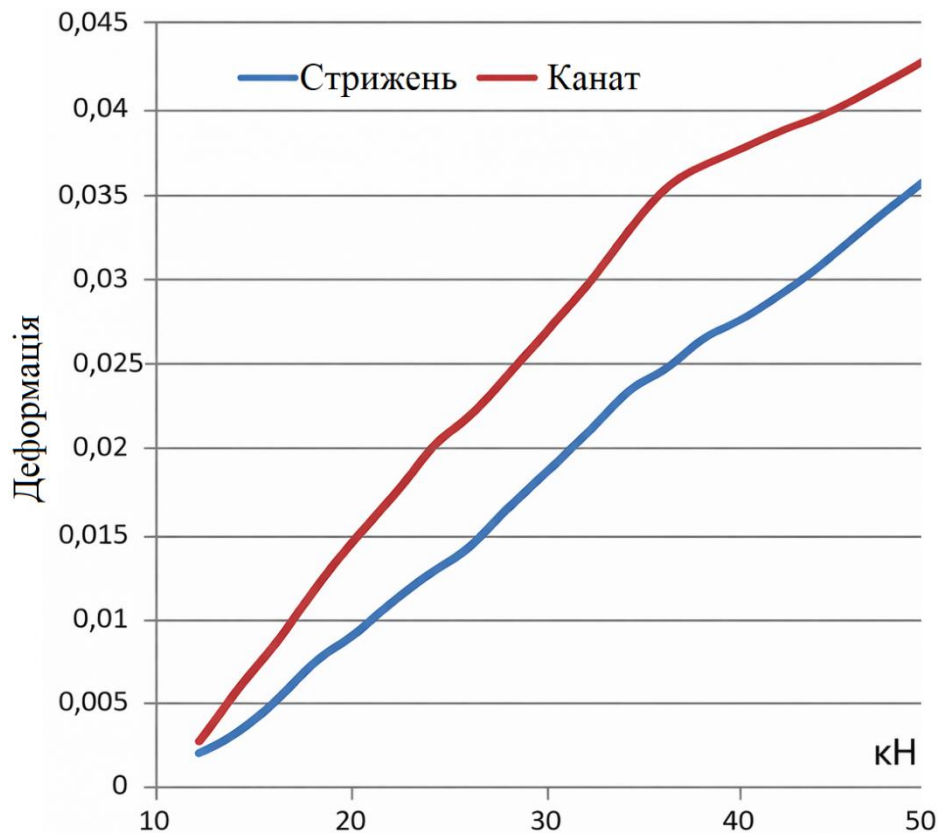


Рис. 3. Залежність зміни величини поперечних деформацій при збільшенні бокового тиску

Таким чином, при максимальних значеннях бічного тиску поперечні деформації канатного анкера перевищують відповідні значення сталеполімерного анкера приблизно в 1,4–1,6 рази, що свідчить про його більшу податливість та здатність до перерозподілу навантаження в умовах бокового стиснення.

Сталеполімерний анкер, у свою чергу, демонструє жорсткішу роботу, що проявляється в менших значеннях поперечних деформацій на початкових та середніх етапах навантаження. Це дозволяє розглядати його як стійкіший елемент за умов підвищеного бічного тиску.

Отримані залежності зміни величини поперечних деформацій при збільшенні бокового тиску сталеполімерних та канатних анкерів дозволили охарактеризувати особливості їх роботи та оцінити податливість анкерних елементів.

Однак для всебічної оцінки деформаційної поведінки анкерів і коректного аналізу їх напружено-деформованого стану є необхідним аналіз їх роботи при сприйнятті поздовжніх зусиль. У зв'язку з цим наступним етапом лабораторних досліджень стало визначення динаміки зростання поздовжніх деформацій сталеполімерних і канатних анкерів при поетапному збільшенні осьового навантаження, що дозволило доповнити результати, отримані при бічному навантаженні.

На рис. 4 представлена залежність поздовжніх деформацій канатного та сталеполімерного анкера зі збільшенням поздовжнього зусилля, що додається на кінцях. Для обох типів анкерів характерне поступове зростання деформацій зі збільшенням навантаження, що свідчить про послідовний перехід від пружної роботи до складніших режимів деформування.

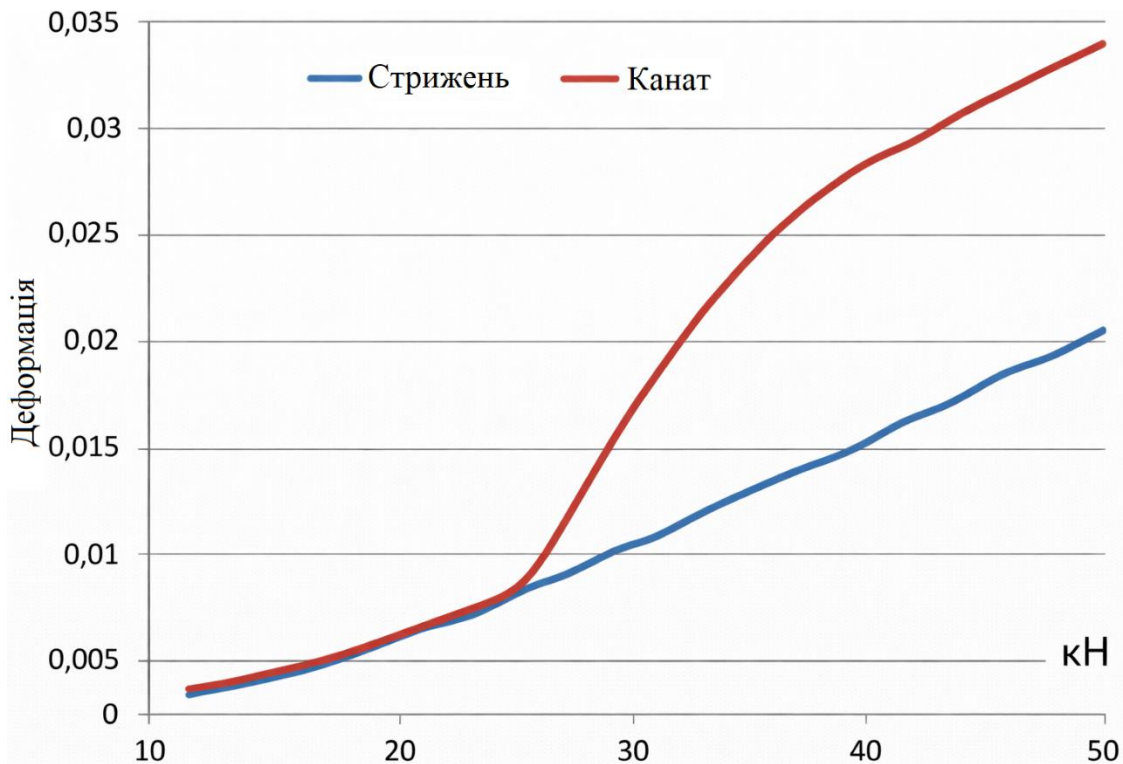


Рис. 4. Залежність поздовжніх деформацій канатного та сталеполімерного анкера зі збільшенням поздовжнього зусилля, що додається на кінцях

Аналіз залежності показує, що зі збільшенням поздовжнього зусилля від 10 до 50 кН спостерігається стійке зростання деформації. Для сталеполімерного анкера поздовжні деформації змінюються в межах від 0,003–0,004 при мінімальному навантаженні, до 0,018–0,020 при максимальному. Водночас канатний анкер демонструє інтенсивніше наростання деформацій від 0,006–0,008 до 0,040–0,045 у тому самому діапазоні зусиль. При навантаженнях понад 30 кН розходження між кривими стає більш вираженим, що вказує на суттєву відмінність в осьовій жорсткості анкерів і підтверджує більш високу деформативність канатного анкера при сприйнятті поздовжніх зусиль.

Це дозволяє зробити висновок про відмінність механізмів роботи сталеполімерних та канатних анкерів та служить експериментальною основою для обґрунтування раціональних областей їх застосування у складі анкерних систем кріплення.

Сталеполімерний анкер на початкових стадіях навантаження виявляє підвищену осьову жорсткість, що виявляється у менших значеннях поздовжніх деформацій при однакових рівнях зусилля. Це свідчить про його здатність ефективно сприймати осьові навантаження. Канатний анкер характеризується більшою деформативністю і можливістю перерозподілу навантаження між окремими елементами каната. Підвищені значення поздовжніх деформацій можуть розглядатися як позитивний чинник з погляду адаптації анкера до деформацій масиву без різкої втрати несучої здатності.

Однак деформація канатних анкерів відносно сталеполімерних відбувається інтенсивніше, але після виникнення пластичних деформацій швидкість подовження канатного анкера істотно, на 22 %, падає. З чого випливає висновок про те, що опір поперечним навантаженням канатного анкера збільшується прямо пропорційно зростанню деформацій порід покрівлі виробки.

Проведені лабораторні дослідження сталеполімерних та канатних анкерів дозволили встановити закономірності розвитку поздовжніх та поперечних деформацій при поетапному збільшенні зовнішнього навантаження та виявити відмінності у їх деформаційній поведінці. Експериментально підтверджено, що при дії бічного тиску та осьових зусиль канатні анкери характеризуються підвищеною піддатливістю та більшою деформативністю, тоді як сталеполімерні анкери демонструють жорсткішу роботу, особливо на початкових та середніх етапах навантаження. Встановлені числові залежності деформацій від рівня навантаження свідчать про відмінність механізмів сприйняття зусиль та перерозподілу напружень в анкерних елементах. Отримані результати формують експериментальну основу для обґрунтування раціональних параметрів дворівневої анкерної системи підготовчих виробок.

Отримані кількісні залежності зміни поздовжніх і поперечних деформацій дозволяють не лише порівняти жорсткісні характеристики сталеполімерних та канатних анкерів, але й встановити особливості механізмів сприйняття ними навантаження. Встановлено, що сталеполімерні анкери забезпечують більш жорстку фіксацію приконтурної зони виробки та ефективніше обмежують початкові деформації масиву, тоді як канатні анкери завдяки підвищеній деформативності здатні адаптуватися до перерозподілу напружень у гірських породах без різкої втрати несучої здатності.

Виходячи з вищенаведеного, у дворівневій анкерній системі кріплення режими роботи сталеполімерних і канатних анкерів мають різні характеристики, ступінь взаємного впливу яких визначається міцнісними показниками вміщуючих гірських порід. Оптимальна взаємодія сталеполімерних і канатних анкерів кріплення досягається за рахунок мінімізації повних деформацій при зміні режимів їх роботи. Отримані закономірності деформування анкерів в подальшому будуть використані при проведенні обчислювального експерименту щодо визначення стану геомеханічної системи при зміні кута встановлення канатних анкерів за допомогою комп'ютерного експерименту.

З урахуванням встановлених залежностей «навантаження-деформація» результати досліджень можуть бути використані для обґрунтування вибору типу анкера та параметрів анкерного кріплення залежно від умов навантаження і гірничо-геологічних умов. Виявлені відмінності у жорсткісних і деформаційних характеристиках сталеполімерних та канатних анкерів дозволяють рекомендувати їх раціональне поєднання у складі дворівневих анкерних систем кріплення. Зокрема, сталеполімерні анкери доцільно застосовувати у приконтурній зоні для стабілізації поверхневих шарів, тоді як канатні – для залучення більш стійких шарів гірського масиву до спільної роботи.

Таким чином, отримані експериментальні дані формують науково обґрунтовану основу для визначення параметрів та конструктивних рішень анкерних систем у конкретних гірничо-геологічних умовах.

Висновки. У результаті лабораторних досліджень встановлено закономірності зміни поздовжніх і поперечних деформацій сталеполімерних та канатних анкерів, для яких характерний переважно лінійний характер зміни деформацій.

Виявлено, що при зростанні бічного тиску поперечні деформації сталеполімерного анкера збільшуються від 0,004-0,005 до 0,020-0,022, тоді як для канатного анкера вони досягають 0,030-0,035, що у 1,4-1,6 рази більше при максимальних навантаженнях.

Поздовжні деформації сталеполімерного анкера змінюються від 0,003-0,004 до 0,018-0,020, у той час як для канатного – від 0,006-0,008 до 0,040-0,045. Особливо чітко простежується, що при навантаженнях понад 30 кН розходження між кривими стає суттєвим. Канатні анкери характеризуються меншою осьовою жорсткістю та більшою деформативністю, тоді як сталеполімерні забезпечують жорсткішу роботу на початкових і середніх етапах навантаження.

Отримані кількісні залежності підтверджують відмінність механізмів сприйняття зусиль і можуть бути використані для обґрунтування параметрів дворівневих анкерних систем у конкретних гірничо-геологічних умовах.

Вдячність. Представлені результати отримано в рамках виконання науково-дослідної роботи ДТ-532 «Геомеханічні та технологічні основи видобутку та переробки критичної сировини на принципах циркулярної економіки» (проект №0126U001137) за підтримки Міністерства освіти і науки України.

Перелік посилань

1. Одношевна, О., Шека, І., & Мамайкін, О. (2025). Економічна безпека вугледобувних підприємств Західного Донбасу в умовах трансформації енергетичного сектору України. *Ukrainian School of Mining Engineering 2025*, 77–80. <https://doi.org/10.33271/usme18.077>
2. Pochepov, V.M., Mamaikin, O.R., Sheka, I.V., Krukovskiy, O.P., Lapko, V.V., & Ashcheulova, O.M. (2024). Tool for management and planning of the fuel and energy complex taking into account the production potential of coal-mining enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (1415), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012045>
3. Symanovych, H., Krasnyk, V., Odovol, M., Snihur, M., & Sheka, I. (2025). Optimization of rational parameters for fastening and protection systems of mine workings in conditions of occurrence of unpredictable rock pressure manifestations. *Mining of Mineral Deposits*, 19(2), 107–120. <https://doi.org/10.33271/mining19.02.107>
4. Bondarenko, V.I., Kovalevska, I.A., Biletskyi, V.S., & Desna, N.A. (2022). Optimization principles implementation in the innovative technologies for re-used extraction workings maintenance. *Petroleum and Coal*, 64(2), 424–435.
5. Bondarenko, V. I., Kovalevska, I. A., Symanovych, H. A., Barabash, M. V., & Snihur, V. H. (2020). Peculiarities of mining the protecting pillar in the laminal massif of soft rocks. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 17–25. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-5/017>
6. Хорольський, А.О., Косенко, А. В., & Чоботько, І. І. (2022). Методологія проектування багатопараметричних процесів управління напружено-деформованим станом масиву гірських порід. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 70, 46–56. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/70.046>

7. Krukovskiy, O., Krukovska, V., Bulich, Y., Demchenko, S., & Konstantynova, I. (2024). Rock bolt and frame support of mine workings with a compound cross-section: Collective refuge chambers for mine workers. *Mining of Mineral Deposits*, 18(2), 28–37. <https://doi.org/10.33271/mining18.02.028>
8. Krukovskiy, O., Krukovska, V., Kurnosov, S., Demin, V., Korobchenko, V., & Zerkal, V. (2023). The use of steel and injection rock bolts to support mine workings when crossing tectonic faults. *IOP Conference Series*, 1156, 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1156/1/012024>
9. Symanovych, H., Salieiev, I., Shyshov, M., & Odnovol, M. (2022). Substantiating the optimization solutions for the mine working fastening system interaction with the enclosing rock mass. *Mining of Mineral Deposits*, 16(3), 54–60. <https://doi.org/10.33271/mining16.03.054>
10. Бондаренко, В. І., Ковалевська, І. А., Галков, Р. А., Мамайкін, О. Р., & Шека, І. В. (2025). Обґрунтування методів прогнозування раннього виявлення зон підвищених деформацій для забезпечення повторного використання гірничих виробок. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 81, 7–17. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.007>
11. Снігур, В. Г. (2022). Методологічні принципи та рекомендації з розробки інноваційних технологій підтримки виробок, що повторно використовуються, на шахтах Західного Донбасу. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 68, 67–80. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/68.067>
12. Bondarenko, V., Kovalevska, I., Symanovych, H., & Husiev, O. (2023). Changes in the rock mass geomechanical properties with account of the Chaos Theory based on a computational experiment. *Springer Proceedings in Complexity*, 41–52. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27082-6_4
13. Lapko, V., Fomychov, V., & Fomychova, L. (2014). Modern technologies of bolting in weakly metamorphosed rocks: experience and perspectives. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, 359–362. <https://doi.org/10.1201/b17547>
14. Fomychov, V. V., Lapko, V. V., & Pochepov, V. M. (2017). Stability analysis of two-level anchor support installed in the weakly metamorphosed rocks. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 14–19.
15. Zhang, Z., Lin, J., Ma, B., Chu, X. W., Ren, S., Li, Z. W., et al. (2024). Stress diffusion model of anchor bolts in rectangular tunnel roof and reinforcement mechanism of surrounding rock. *Gongcheng Xuebao Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 43, 3681–3689. <https://doi.org/10.13722/j.cnki.jrme.2023.110>
16. Melville, M., Mondal, S., Nehring, M., & Chen, Z. (2024). Optimization of a coal mine roof characterization model using machine learning. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 181, 105835. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2024.105835>
17. Гусев, О. С. (2017). *Обґрунтування параметрів системи кріплення виробок сталеполімерними та канатними анкерами*. (Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин).
18. Jia, S., Zhao, Y., Xie, Z., Xiang, Z., & An, Y. (2025). Numerical Investigation of the Reinforcement Effect of Fully Grouted Bolts on Layered Rock Masses Under Triaxial Loading with One Free Surface. *Applied Sciences*, 15(17), 9689. <https://doi.org/10.3390/app15179689>
19. Pawelus, D., Adach-Pawelus, K., & Butra, J. (2025). Issue of Selecting Stress Field Parameters for the Analysis of Mining Excavation Stability Using Numerical Methods in the Conditions of the LGCB Mines. *Applied Sciences*, 15(23), 12365. <https://doi.org/10.3390/app152312365>

ABSTRACT

Purpose. Experimental determination of the patterns of longitudinal and transverse deformation of resingrouted and rope anchors under increasing load.

Methods. Laboratory tests were performed on a standardized test bench with stepwise application of lateral and axial loads in the range of 10–50 kN. At each stage, the longitudinal and transverse deformations of resingrouted and rope anchors were recorded, followed by the construction of load-deformation relationships and their comparative analysis.

Findings. It was found that with an increase in lateral pressure, the transverse deformations of the resingrouted anchor increase from 0.004–0.005 to 0.020–0.022, while for the rope anchor they reach 0.030–0.035. Thus, at maximum loads, the transverse deformations of the rope anchor exceed the corresponding indicators of the resingrouted anchor by approximately 1.4–1.6 times. When studying longitudinal deformations, it was found that for resingrouted anchors, their values vary from 0.003–0.004 at minimum load to 0.018–0.020 at maximum load. The rope anchor shows a more intense increase from 0.006–0.008 to 0.040–0.045 in the same force range. At loads above 30 kN, the difference between the deformation curves becomes more pronounced, confirming the lower axial stiffness and higher deformability of the rope anchor. The results obtained indicate significant differences in the mechanisms of operation of the anchors under study.

Originality. For the first time, quantitative patterns of longitudinal and transverse deformation of resingrouted and rope anchors have been established during a stepwise increase in lateral and axial loads. Differences in their stiffness characteristics and load perception mechanisms have been identified, which broadens the understanding of the deformation behavior of anchor fastening systems.

Practical implications. The results obtained make it possible to use the established experimental dependencies to justify the choice of anchor type and anchor fastening parameters depending on the load conditions. The data obtained can be used in the design of two-level anchor systems for preparatory workings, taking into account their stiffness and deformation characteristics.

Keywords: *anchor fastening, mining, laboratory research, longitudinal deformations, transverse deformations.*

дата першого надходження статті до видання	12.01.2026
дата прийняття до друку статті після рецензування	15.02.2026
дата публікації (оприлюднення)	30.03.2026