

УДК 620.171.3:616.718.71

М.С. Шидловський, к.т.н., доц., О.П. Заховайко, к.т.н., доц., М.М. Димань, асп.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПЕРЕМІЩЕНЬ В СИСТЕМАХ ОСТЕОСИНТЕЗУ

Розробка та впровадження нових технічних засобів остеосинтезу для фіксації переломів кісток є важливою науковою та соціальною задачею, яка стоїть перед спеціалістами медичного та інженерного профілю. Ці засоби мають забезпечувати надійне закріплення уламків, максимально унеможливаючи їх взаємне зміщення в процесі транспортування та лікування пацієнтів. Ці засоби мають бути достатньо міцними та жорсткими при мінімальній вазі та простоті конструкції. На сьогодні існує багато типів таких систем та створюються нові схеми, і для оцінки їх придатності необхідно мати прості і надійні методи оцінки характеристик жорсткості систем остеосинтезу шляхом визначення зміщення уламків кісток в місцях переломів.

На сьогодні найпоширенішим способом вимірювань зміщень в системах остеосинтезу є спосіб безпосереднього вимірювання переміщення заданої точки за допомогою індикатора годинникового типу [1]. Основним його недоліком є можливість вимірювань зміщень лише однієї точки в зоні перелому, або ж, в разі потреби одночасного вимірювання у кількох точках, використання кількох індикаторів, що може бути проблематичним, наприклад при малих розмірах зразка. Крім того індикатори мають відносно велику вагу, що може створювати додаткові небажані навантаження на систему.

В лабораторії біомеханіки кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблений та впроваджений в практику метод вимірювання зміщень уламків кісток людини в експерименті, за яким за допомогою цифрового фотографування реєструють величини зміщень уламків кісток з системами остеосинтезу під дією зовнішніх навантажень. При цьому пропонується вимірювати зміщення як за мітками, безпосередньо встановленими в контрольованих точках в зоні перелому [2], так і аналітично за положеннями реперних точок поза зоною перелому [3].

Метою роботи було зіставити дані, отримані цими двома шляхами, та оцінити їх точність, порівнявши з даними, отриманими шляхом безпосереднього вимірювання переміщень безконтактним оптичним методом за допомогою катетометра.

Суть цифрового фотографування полягає в наступному. На предметному столі випробувальної машини закріплюють досліджуваний зразок з попередньо встановленими на ньому реперними елементами (рис. 1).



Рис. 1. Зразок великогомілкової кістки з модельованим переломом, закріпленим стержневим апаратом зовнішньої фіксації та з встановленими реперними елементами

На одному рівні з реперними елементами розміщують калібровану плитку Іогансона з відомими розмірами. Перед зразком встановлюють пристрій для цифрової фотозйомки в площині, паралельній до досліджуваного зразка. При цьому всі реперні точки, помічені на зразку, мали б знаходитися у фокусі об'єктива і були б центрованими. Зразок фотографують (рис. 2б), і надалі це зображення використовують як контрольний недеформований зразок.

Потім зразок фотографують в деформованому стані під дією навантаження. Вимірювання переміщень в пікселях проводяться за допомогою стандартного програмного забезпечення для обробки цифрових зображень (рис. 2). Кінці відрізков-векторів суміщаються з відповідними реперними елементами та визначаються проекції цих векторів на вертикальну та горизонтальну осі. За різницею між зазначеними проекціями у недеформованому та деформованому станах визначаються зміщення реперних елементів у відповідних напрямках.

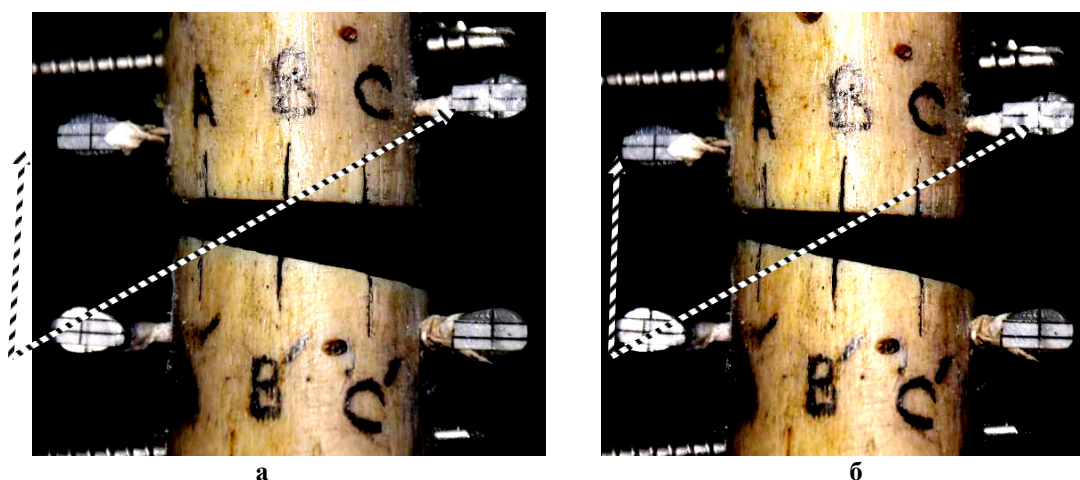


Рис. 2. Схема визначення взаємного положення реперних точок до (а) і після (б) навантаження за допомогою цифрового фотографування

Масштабний коефіцієнт отриманого зображення розраховується за формулою $\Delta = n/h$, (піксель/мм), де n – кількість пікселів, що відповідає висоті плитки Іогансона; h – висота плитки Іогансона в мм.

За цим способом точки, переміщення яких визначаються, попередньо позначаються мітками безпосередньо на зразку (точки A, A', B, B', C, C' на рис. 2). Такий спосіб дозволяє визначати зміщення за нанесеними мітками в задалегідь заданих точках у зоні перелому. Кількість нанесених міток обмежується тільки розмірами зразка.

Щоб забезпечити можливість визначати переміщення будь-яких точок в зоні перелому без необхідності попереднього встановлення міток на зразку, був запропонований спосіб що включає закріплення на робочому столі випробувальної машини дослідного зразка з попередньо позначеними за допомогою міток на кожному з уламків двома реперними елементами, вибраними поза зоною перелому. Точки уламків в зоні перелому, величини відносних зміщень яких підлягають визначенню, обираються безпосередньо на отриманих зображеннях і які утворюють з реперними точками на кожному з уламків жорсткі трикутники [3]. Вважаючи кістку абсолютно твердим тілом, положення будь-яких точок в зоні перелому в подальшому визначають як положення третіх вершин трикутників, утворених з реперними точками.

Щоб оцінити точність запропонованих способів визначення переміщень, крім фотографування зразка, проводилось вимірювання зміщення точки в зоні перелому за допомогою катетометра В-630 (рис. 3). Дослідженню підлягав натурний препарат у вигляді великогомілкової кістки з модельованим переломом у області діафізу, який був зафіксований стержневим апаратом зовнішньої фіксації. Зразок фотографувався у ненавантаженому стані

та вимірювались вертикальні відстані між реперними елементами та відстані між 2-ма контрольними точками перелому. Далі об'єкт навантажувався і знову вимірювався.

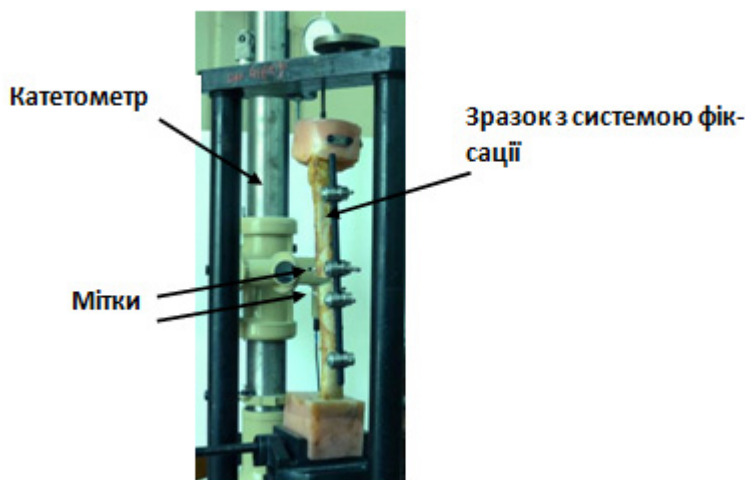


Рис. 3. Пристрій для навантаження зразка

За фотознімками визначались відстані між реперними елементами та контрольними точками, розраховувались зміни відстаней між ними. За показами катетометра також розраховувались ці відстані та їх зміни після навантаження. Після обробки дані, отримані фотозйомкою, зіставлялись з результатами вимірювань катетометром В-630 (табл. 1).

Таблиця 1.

Результат вимірювань переміщень інструментальним та фотографічним методами

№ випробування	Навантаження, Н	Відносне зміщення між двома контрольними точками в зоні перелому, мм		
		Вимірювання катетометром	Цифрове фотографування	
			За мітками на зразку [2]	За мітками на фото [3]
1	0-200	-1.11	-1.09	-1.09
2	0-200	-1.17	-1.21	-1.20
3	0-200	-1.12	-1.15	-1.13
4	0-200	-1.18	-1.19	-1.22
5	0-200	-1.26	-1.27	-1.20

Висновки. Результат зіставлення показав придатність методу цифрового фотографування як при безпосередньому вимірюванні за мітками, встановленими в досліджуваних точках, так і аналітичним методом за положеннями реперних точок поза зоною перелому. Розходження з даними, отриманими за допомогою катетометра, знаходились в межах похибки вимірювальних приладів і не перевищувала 5 % від вимірювальної величини.

Список використаних джерел:

1. Шидловський М.С. Експериментальні дослідження засобів остеосинтезу. Кол. авторів / За ред. Шидловського М.С., Лакши А.М. – К.: Ленвіт, 2017. – 277 с.: іл.
2. Пат. 68177 Україна, Спосіб вимірювання зміщень уламків кісток людини в експерименті [Текст] / винахідники Аксютін А.Г., Літун Ю.М., Радомський О.А., Шидловський М.С.; власники Шидловський М.С., Радомський О.А., Літун Ю.М., Аксютін А.Г. – № u 2012 00818; заявл. 26.01.2012; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. – 8 с.: іл.
3. Шидловського М.С. Спосіб визначення переміщень в системах остеосинтезу / М.С. Шидловський, О.П. Заховайко, М.М. Димань // Матеріали XVII МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», Київ – Одеса, 2016. – с. 21-22.