

**Комп'ютерне моделювання біоінженерної системи «кістка-фіксатор»**

**Компьютерное моделирование биоинженерной системы «кость-фиксатор».**

**Computer simulation of the bone-fixation bioengineering system.**

Науковий керівник – доц. каф. «Динаміка, міцність машин та опір матеріалів»,

канд. техн. наук Лимаренко О. М., Lymarenko O. M.

Студент - Грохольська О. Ю. Groholskaya O. Yu.

Переломи кісток передпліччя складають близько 15 % випадків від всіх переломів сегментів кінцівок. Найбільш часто зустрічається у спортсменів і людей, які попали в дорожньо-транспортну пригоду та при бойових діях.

Актуальність обраної теми для наукової роботи – проектування та чисельний аналіз конструкцій для фіксації поламаних кісток – визначається недостатньою досконалістю і дослідженнями ортопедичних стержневих апаратів фіксації. Тому, наукове обґрунтування, розробка конструкції фіксатора, оптимізація, розробка методики визначення характеристик міцності і жорсткості конструкції фіксатора для лікування переломів кісток передпліччя – вельми актуальне завдання сучасної травматології.

*Ключові слова:* стержневі апарати фіксації, напружено-деформований стан, метод скінченних елементів, ANSYS, чисельний експеримент.

Переломы костей предплечья составляют около 15 % случаев от всех переломов сегментов конечностей. Наиболее часто встречаются у спортсменов и людей которые попали в дорожно-транспортное происшествие, а также при боевых действиях (осколочные и пулевые ранения).

Актуальность выбранной темы для научной работы – проектирование и численный анализ конструкций для фиксации сломанных костей – определяется недостаточным совершенством и исследованием ортопедических стержневых аппаратов фиксации. Поэтому, научное обоснование, разработка конструкции фиксатора, оптимизация, разработка методики определения характеристик прочности и жесткости конструкции фиксатора для

Тези доповідей 53-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ – магістрів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі» // Одеса: ОНПУ, 2018, вип. 53.  
лечения переломов костей предплечья – очень актуальная задача современной травматологии.

*Ключевые слова:* стержневые аппараты фиксации, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, ANSYS, численный эксперимент.

Forearm fractures account for about 15% of all fractures of the limb segments. The most common among athletes and people who are involved in a road transport Events, as well as bevyh actions.

The relevance of the topic chosen for research - design and numerical analysis konstruktsiy for fixing broken bones - oprkedelyaetsya insufficient perfection and study orthopedic fixation rod apparatus. Therefore, scientific rationale, development fiksatora design, optimization, development of methods for determining the strength and rigidity of the structure retainer for the treatment of fractures of the forearm bones - a very topical task of modern traumatology.

*Keywords:* rod apparatus fixation, stress-strain state, finite element method, ANSYS, numerical experiment.

В сучасних умовах одним із достовірних методів дослідження різноманітних конструкцій в медицині і в інших галузях людської життєдіяльності є метод комп'ютерного моделювання, або комп'ютерний експеримент, основу якого складають чисельні методи (метод скінченних різниць, метод граничних елементів, метод скінченних елементів та інші) [1, 2]. Реалізація того або іншого чисельного методу залежить від поставленої задачі і застосованого програмного пакету. Чисельний аналіз дозволяє розраховувати різноманітні варіанти конструктивного виконання досліджуваного об'єкту і різноманітні комбінації навантажень.

Актуальність обраної теми дослідження – проблеми лікування хворих з переломами діафізів кісток (компактна кісткова речовина) передпліччя – визначається недостатньою досконалістю пристроїв та відповідним їм способам лікування.

В роботі розглядаються моделі із стержневих і об'ємних скінченних елементів, бо вони забезпечують відповідність геометрії моделі і реальної конструкції (Рис. 1).

Апроксимація обох моделей виконана стержневим скінченним елементом BEAM188 з бібліотеки елементів програми ANSYS. Елемент призначений для вирішення просторових задач. Властивості елемента задаються шляхом опису характеристик поперечного перерізу, властивостей матеріалу (модуля пружності і коефіцієнта Пуассона) і пружної основи.

Цей скінченний елемент має два вузли з шістьма ступенями вільності в кожному з них: переміщення в напрямках осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  вузловий системи координат і кути поворотів  $\varphi_x$ ,  $\varphi_y$ ,  $\varphi_z$  навколо цих осей.

Для відображення геометричних особливостей формувалися оригінальні поперечні перерізи конструктивних елементів фіксаторів і використовувалась спеціальна функція програми Ansys — Taper Section (нами побудовано і записано до бази даних програми 37 поперечних перерізів).

Скінченно-елементне розбиття моделі із об'ємних елементів виконано елементом Solid45. Елемент класифікують наступним чином: об'ємний (3D) елемент, що застосовується при вирішенні задач механіки деформованого твердого тіла; визначається вісьмома вузлами, кожен з яких має три ступені вільності – лінійні зміщення у напрямках осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  вузлової системи координат [2,3,4,5].

В обох випадках умови закріплення слід вибирати так, щоб вони запобігали руху конструкції, але не впливали на деформації.

Геометричні та механічні характеристики досліджуваних апаратів визначалися за відомими залежностями механіки деформованого твердого тіла, експериментальними даними та довідниками. Модуль пружності кістки людини прийняли рівним  $E_k = 2 \cdot 10^4$  МПа, модуль пружності сталі  $E_{cm} = 2,1 \cdot 10^5$  МПа, модуль пружності титану  $E_m = 1,2 \cdot 10^5$  МПа (Рис. 1).

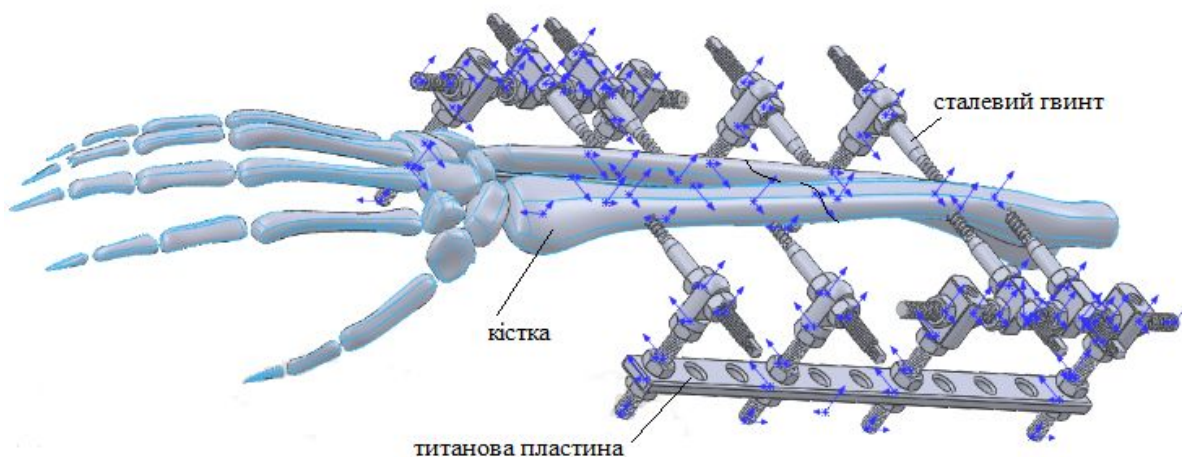


Рис. 1. Розрахункова модель досліджуваного об'єкту

У результаті розрахунків по кожному з варіантів визначені параметри напружено-деформованого стану, які цікавили нас для проведення аналізу. Зіставлення числових значень напружень і переміщень, отриманих при скінченно-елементному аналізі досліджуваних конструкцій із стержневих елементів, з відповідними значеннями цих величин, отриманими при розрахунку з використанням об'ємних елементів, дозволяє зробити висновок про достовірність припущень, які були прийняті на етапах геометричного і скінченно-елементного моделювання. Цей висновок, мабуть, буде справедливим і щодо граничних умов, а також величин і характеру прикладання зовнішніх навантажень [6,7].

Отримані результати досліджень можуть служити основою для розробки нових конструкцій лікування діафізарних переломів передпліччя.

Тези доповідей 53-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ – магістрів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі» // Одеса: ОНПУ, 2018, вип. 53.

### **Литература:**

1. Bagenov V.A. Chislennie metody v mehanike, [Numeral methods in mechanics]. / V.A. Bagenov, A.F. Daschenko, L.V. Kolomiets and others — Odessa, STANDART, 2005. — 563 p.
2. Kalinichenko P.M. Stress state of a thick-walled cylinder concentrators / P.M. Kalinichenko, O.M. Limarenko, U.V. Zyblov — Proceedings of Odessa National Polytechnic University — 2006. №2 (26). – s.20 – 23.
3. Orobej V., Kolomiets L., Limarenko A. Boundary element method in problem of plate elements bending of engineering structures // Metallurgical and Mining Industry, 2015, № 4 p. 295 – 302.
4. Оробей В.Ф. [Фундаментальные функции, функция Грина и вектор нагрузок для тонкостенных стержней](#) / В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, А.О. Немчук, А.М. Лимаренко // Международное периодическое издание SWorld Научные труды Том 2, Номер № 3, 2016, с 50-58.
5. Orobej V. Mathematical modeling of the stressed-deformed state of circular arches of specialized cranes[Text] / V. Orobej, O. Daschenko, L. Kolomiets, O. Lymarenko, Y. Ovcharov // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – 5/8 (89). – p. 4-11.
6. Лимаренко А.М. Оптимизация шатуна автомобильного двигателя / А.М. Лимаренко, А.А. Романов, М.А. Алексеенко. // Труды ОНПУ, 2012г., вып 2 (39). с. 98 – 100.
7. Дашенко О.Ф. Розрахунок напружено-деформованного стану станини гідропресу / О.Ф. Дашенко, В.Д. Ковальов, О.М. Лимаренко. // Труды ОНПУ, 2012г., вып 2 (39). с. 35 – 43.