

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ  
Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Затверджено  
Вченою радою факультету автома-  
тизації машинобудування й інфор-  
маційних технологій, протокол  
№ 9 від 24.06.2019 р.

Голова Вченої ради факультету:  
С.В. Подлесний,

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
навчальної дисципліни  
«**Біомеханіка**»

**WORKING PROGRAM**  
of discipline  
«**Biomechanics**»



<b>рівень вищої освіти</b>	перший (бакалавр)
<b>спеціальність</b>	122 Комп'ютерні науки
<b>назва освітньої програми</b>	Комп'ютерні науки в медицині (бакалаври 3 роки 10 місяців )

*Розроблено за підтримки міжнародного проєкту «Erasmus+» BioArt «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма для підготовки бакалаврів та магістрів зі штучних імплантів для біоінженерії» (586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-SBHE-JP), що фінансується Європейською Комісією. Підтримка Європейською комісією цієї програми не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.*

Краматорськ  
ДДМА  
2019

Робоча програма навчальної дисципліни «Біомеханіка» для підготовки фахівців за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, спеціальність 122 Комп'ютерні науки, освітня програма «Комп'ютерні науки в медицині».

Work program of the discipline "Biomechanics" for training specialists in the first (bachelor's) level of higher education, specialty 122 Computer Science, educational program "Computer Science in Medicine".

Розробники:

\_\_\_\_\_ С.В. Подлесний, канд. техн. наук, доцент

Погоджено з групою забезпечення освітньої програми:

Керівник групи забезпечення:

\_\_\_\_\_ П.І. Сагайда, д-р техн. наук, доцент

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, 18.06.2019, прот. № 11

Завідувач кафедри:

\_\_\_\_\_ О.Ф. Тарасов, д-р техн. наук, професор

*Розроблено за підтримки міжнародного проєкту «Erasmus+» BioArt «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма для підготовки бакалаврів та магістрів зі штучних імплантів для біоінженерії» (586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-SBHE-JP), що фінансується Європейською Комісією. Підтримка Європейською комісією цієї програми не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.*

## I ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Актуальність вивчення дисципліни у зв'язку із завданнями професійної діяльності та навчання.

Дисципліна входить в цикл дисциплін професійної підготовки у відповідності з професійним спрямуванням майбутнього бакалавра з спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Дисципліна направлена:

на заглиблення знань і практичних навиків з основ біомеханіки в прикладних системах різного призначення, в тому числі в галузі медицини.

на вироблення у студентів теоретичних і практичних навичок використання принципів і основних підходів біомеханіки до вирішення біомеханічних задач медичної інженерії, ергономіки, систем «людина-машина-середовище» та ін.;

в процесі навчання студент повинен освоїти техніку використання математичних операцій і комп'ютерних методів для розв'язання теоретичних і інженерних задач біомеханіки, набути навички розробки математичних моделей біомеханіки.

1.2 Мета дисципліни – отримання бакалавратом фундаментальних знань в медичних системах, які відповідають існуючим світовим стандартам вищої освіти і включають знання Біомеханіки — науки, котра на основі ідей та методів механіки вивчає властивості біологічних об'єктів (м'язових і кісткових тканин), закономірності їх адаптації до навколишнього середовища, поведінку та механічні рухи в них на всіх рівнях організації та в різних станах, включаючи періоди розвитку й старіння, а також при патологіях. Біомеханіка використовується для медичної діагностики, створення замінників тканин і органів, для розроблення методів впливу на процеси в живих організмах, для пізнання рухових можливостей людини, для захисту людини від шкідливих впливів навколишнього середовища під час її функціонування в екстремальних умовах.

1.3 Завдання дисципліни:

- оволодіння знанням методів біомеханіки, біомеханічних характеристик рухового апарату людини та її рухової діяльності, біомеханічним обґрунтуванням та оцінкою рухових якостей людини;

– ознайомлення з методологією використання методологічних підходів і вироботку практичних навичок аналізу науково-технічних проблем біомеханіки шляхом комп'ютерного моделювання і експериментальних досліджень в медичних системах;

– навчання майбутніх фахівців використанню існуючих методів дослідження проблем біомеханіки в медичній інженерії;

- оволодіння студентами методами використання інформаційних технологій, сучасних систем комп'ютерної математики і числового експеримента, пошуку тематичних даних в спеціалізованих базах в Інтернет;

- в процесі навчання студент повинен освоїти технологію аналізу та використання результатів досліджень для розвитку механіки, біології і медицини, в тому числі з метою діагностики, створення біоматеріалів і імплантів;

– вміння аналізувати кінематику та динаміку рухових дій за матеріалами об'єктивної реєстрації фізичних вправ, кількісно оцінювати біомеханічні характеристики тіла людини та її рухових дій, кількісно оцінювати рівень розвитку основних рухових якостей, моделювати біомеханічні характеристики індивідуальної раціональної техніки і тактики рухової активності, використовувати для кількісного контролю, оцінки і навчання (корекції) рухових дій сучасні біомеханічні технології, вміння використовувати вищезазначене в галузі медицини.

1.4 Передумови для вивчення дисципліни: базові знання з математики (елементи векторної алгебри лінійної алгебри та аналітичної геометрії, вступ до математичного аналізу, основні чисельні методи); базові знання з фізики (кінематика поступального та обертального руху, динаміка поступального та обертального руху твердого тіла, другий закон динаміки, механічні коливання та хвилі), базові знання з анатомії, базові знання з біології.

1.5 Мова викладання: українська.

1.6 Обсяг навчальної дисципліни та його розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг становить 120 годин / 4,0 кредити, в т.ч.: лекції – 30 годин, лабораторні – 15 години, самостійна робота студентів – 75 години.

## II ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості наступних програмних результатів навчання.

### *Загальні компетентності:*

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність розв'язувати типові і складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності.
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, адекватного моделювання і створення програмних та інформаційних систем.
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- Здатність застосовувати знання з біомеханіки у практичних ситуаціях.
- Знання та розуміння у галузі наук, що формують основи біомеханіки.

- Здатність спілкуватися на теми, пов'язані з проблемами біомеханіки рідною мовою як усно, так і письмово.
- Здатність розуміти принципи та методи графічного та аналітичного подання наукової інформації.
- Здатність використання інформаційних технологій для дослідження медико-біологічних процесів.
- Здатність здобувати нові знання і бути сучасно освіченими, усвідомлювати можливість навчання впродовж життя.
- Здатність працювати як самостійно, так і в команді.
- Визнання моральних та біоетичних аспектів наукових досліджень і необхідності інтелектуальної доброчесності, а також професійних кодексів поведінки.

***Спеціальні (фахові) компетентності:***

- Здатність поповнювати знання і розуміння основних фізичних характеристик медико-біологічних систем, фізичних основ процесів, що відбуваються у живих організмах .
- Здатність інтегрувати базові знання з фізики, хімії, біології, математики, інформаційних технологій задля створення фундаменту професійних компетентностей.
- Здатність збирати, реєструвати і аналізувати дані біомеханічних досліджень за допомогою відповідних методів і технологічних засобів.
- Здатність застосовувати кількісні методи при дослідженні біомеханічних процесів.
- Здатність трактувати загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі функціонування організму людини.
- Здатність пояснювати фізичні основи та біофізичні механізми і ефекти взаємодії фізичних полів з організмом людини.
- Здатність проводити лабораторні дослідження і спостереження.
- Мати уявлення про сучасні методи математичного моделювання і можливості їхнього використання при дослідженні біомеханічних процесів.
- Знання і використання специфічних для біомеханіки теорій, парадигм, концепцій та принципів.
- Здатність до планування, організації та проведення біомеханічних досліджень і підготовки звітності.

Формулювання спеціальних результатів із їх розподілом за темами представлені нижче:

Тема	Зміст програмного результату навчання
1	ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово
2	ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями. ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних

	джерел.
3	<p>ІК Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>СК1. Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування</p> <p>СК2. Здатність до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування тощо.</p>
4	<p>ІК Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.</p> <p>ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p> <p>ЗК9. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт</p> <p>СК3. Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.</p> <p>СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.</p>
5	<p>ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p> <p>ЗК9. Здатність працювати в команді.</p> <p>СК5. Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах</p>

	<p>різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.</p> <p>СК6. Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику.</p>
6	<p>ЗК9. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК10. Здатність бути критичним і самокритичним.</p> <p>ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.</p> <p>ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>ЗК13. Здатність діяти на основі етичних міркувань.</p> <p>СК7. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.</p> <p>СК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.</p>
7	<p>ЗК14. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.</p> <p>ЗК15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя</p> <p>СК10. Здатність застосовувати методології, технології та інструментальні засоби для управління процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог замовника.</p> <p>СК11. Здатність до інтелектуального аналізу даних на основі методів обчислювального інтелекту включно з великими та погано структурованими даними, їхньої оперативної обробки та візуалізації результатів аналізу в процесі розв'язування прикладних задач.</p> <p>СК12. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.</p>

### III ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1. Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна / заочна форма)				
		Усього	в т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
1	Введенняю Історія розвитку біомеханіки	6/0	2			4/0
2	Топографія тіла людини. Загальні дані про тіло людини	6/0	2			4/0
3	Кінематика.	28/0	6		4	18/0
4	Динаміка. Рух матеріальної точки. Поступальний рух тіла. Види сил у природі. Динаміка обертального руху твердого тіла. Неінерційні системи відліку. Закони збереження. Механічні коливання.	48/0	12		7	29/0
5	Механічні властивості. Деформація. Способи деформування. Види деформації. Міцність. Твердість. Руйнування. Механічні властивості біологічних тканин	18/0	4		4	10/0
6	Вплив фізичних факторів на людину	4/0	2			2/0
7	Біомеханіка рухового апарату людини. Біодинаміка (біомеханіка) рухових якостей. Біомеханіка локомоцій (рухів) людини. Види локомоцій. вікова біомеханіка	10/0	2			8/0
<b>Усього годин</b>		<b>120/0</b>	<b>30/0</b>	<b>0/0</b>	<b>15/0</b>	<b>75/0</b>

Л – лекції, П (С) – практичні (семінарські) заняття, Лаб – лабораторні заняття, СРС – самостійна робота студентів.

#### 3.1. Тематика лабораторних занять

№ з/п	Тема заняття
1	Лабораторна робота № 1. Вивчення методів реєстрації рухів
2	Лабораторна робота № 2. Визначення координат точок тіла
3	Лабораторна робота № 3. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи
4	Лабораторна робота № 4. Геометрія мас тіла людини



№ з/п	Тема заняття
5	Лабораторна робота № 5. Визначення положення загального центру маси тіла людини графічним способом
6	Лабораторна робота № 6. Визначення положення загального центру маси тіла людини аналітичним способом
7	Лабораторна робота № 7. Розрахунок за координатами лінійних швидкостей та прискорень
8	Лабораторна робота № 8. Побудова кінематичних графіків координат, швидкостей і прискорень та їх аналіз
9	Лабораторна робота № 9. Визначення механічних властивостей металевих матеріалів на розтяг
10	Лабораторна робота № 10. Випробування матеріалів на стиск. Визначення механічних характеристик матеріалів.
11	Лабораторна робота № 11. Калібрування приладом «ПМТ-3М»
12	Лабораторна робота № 12. Вимір мікротвердості металевих зразків приладом «ПМТ-3М»

### 3.2. Перелік індивідуальних та/або групових завдань

Під час вивчення дисципліни студенти розв'язують задачі, готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію ДДМА.

## IV КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

### 4.1. Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної форми навчання

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Захист лабораторних робіт	60	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та позалекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав практичну роботу та навів аргументовані відповіді на запитання.
2	Контрольна робота	40	Студент виконав тестові та розрахункові завдання, що відповідають програмним результатам навчання за темами змістового модуля №1
Всього		100	-

4.2. Критерії оцінювання сформованості програмних результатів навчання під час підсумкового контролю

Синтезований опис компетентностей	Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання
<p>ІК, Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій у сфері комп'ютерного проектування і моделювання процесів у різних сферах діяльності (в техніці, бізнесі та медицині)</p> <p>ЗК1 Здатність до абстрактного мислення, критичного аналізу, оцінки та синтезу нових та складних ідей.</p> <p>Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.</p> <p>Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних, медичних і фінансових об'єктах</p> <p>ЗК4 Вміння самостійно виявляти, ставити та вирішувати задачі, розробляти та реалізовувати проекти, включаючи власні дослідження, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання.</p> <p>ЗК5 Здатність ініціювання інноваційних комплексних проектів, лідерство та повна автономність під час їх реалізації</p> <p>ЗК6 Здатність приймати обґрунтовані рішення і діяти свідомо та соціально відповідально за результати прийнятих рішень.</p> <p>Володіти навичками управління життєвим циклом програмного забезпечення, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог і обмежень замовника, вміння розробляти проектну документацію (техніко-економічне обґрунтування, технічне завдання, бізнес-план, угоду, договір, контракт).</p> <p>Застосовувати знання методології та CASE-засобів</p>	<p>75-89% - студент припускається помилок у використанні методології системного аналізу об'єктів, процесів і систем, а також об'єктно-орієнтованої методології проектування ПС з використанням шаблонів проектування, недостатньо повно визначає функції для автоматизації при аналізі інформації в предметній області, припускається несуттєвих фактичних помилок при проектуванні та документуванні моделі предметної області або програмної системи з використанням шаблонів проектування та UML</p> <p>60-74% - студент некоректно використовує методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем, а також об'єктно-орієнтовану методологію проектування ПС, робить суттєві помилки у визначенні функцій для автоматизації</p>

<p>проектування складних систем, методів структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування при розробці і дослідженні</p> <p>Продемонструвати знання етапів роботи з побудування моделі ООПС в різних предметних галузях (технічного, організаційно-технічного, медичного призначення);</p> <p>Критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал, аргументувати на основі теоретичного матеріалу, застосовувати сучасне програмне забезпечення під час створення ООПС.</p> <p>СК4 Володіння методологією власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення, в різних предметних галузях (технічного, організаційно-технічного, медичного призначення, тощо).</p> <p>СК8 Здатність розробляти та досліджувати математичні методи, моделі та алгоритми обробки даних, застосувати математичні методи для обґрунтування, оптимізації та прийняття управлінських і технічних рішень, адекватних умовам, в яких функціонують об'єкти інформатизації в різних предметних галузях (технічного, організаційно-технічного, медичного призначення, тощо).</p> <p>СК9 Володіння навичками щодо аналізу, застосування математичних методів для статистичної обробки, перевірки адекватності та інтерпретації даних, отриманих в результаті проведення дослідження, в тому числі з використанням методів штучного інтелекту, та пов'язування їх з відповідною теорією у предметних галузях технічного, організаційно-технічного, медичного призначення, тощо.</p> <p>СК12 Здатність до практичного впровадження результатів наукової і інноваційної діяльності, оцінки їх якості, формулювати напрямки подальших досліджень стосовно застосування сучасних методів дослідження та інформаційних технологій у предметних галузях технічного, організаційно-технічного, медичного призначення, тощо</p>	<p>при аналізі інформації в предметній області, припускається помилок при проектуванні та документуванні моделі предметної області або програмної системи з використанням з використанням шаблонів проектування та UML</p> <p>менше 60% - студент не може використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем, а також об'єктно-орієнтовану методологію проектування ПС з використанням шаблонів проектування та UML, не може визначити функції для автоматизації при аналізі інформації в предметній області, не може самостійно виконати проектування та документування моделі предметної області або програмної системи з використанням шаблонів проектування та UML, не знає змісту, випадків застосування шаблонів проектування та нотації UML</p>
---	--

## V ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання
1.	Захист лабораторних робіт	<ul style="list-style-type: none"><li>• опитування за термінологічним матеріалом, що відповідає темі роботи;</li><li>• оцінювання аргументованості звіту про розбір ситуаційних завдань;</li><li>• оцінювання активності участі у дискусіях</li></ul>
2.	Контрольна робота	<ul style="list-style-type: none"><li>• стандартизовані тести;</li><li>• контрольні завдання</li></ul>

## VI РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### 6.1. Основна література

1. Shyamal Koley. Textbook of Biomechanics. AITBS Publishers India, 2021. P. 318. ISBN 937473642X, 9789374736425
2. Thomas K. Uchida, Scott L Delp, David Delp. Biomechanics of Movement: The Science of Sports, Robotics, and Rehabilitation. MIT Press. 2020. ISBN-13: 978-0262044202, ISBN-10: 026204420X
3. Susan J. Hall. Basic Biomechanics. McGraw-Hill Education. 2020. ISBN-13: 978-0262044202, ISBN-10: 026204420X
4. Humphrey, J. Introduction to Biomechanics / Jayd Humphrey, Sherry L. Delange. – Springer-Verlag New York, 2016.
5. Richards, J. The Comprehensive Textbook of Biomechanics-E-Book: with access to e-learning course [formerly Biomechanics in Clinic and Research] / Jim Richards. – Elsevier Health Sciences, 2018.
6. De Jalon, J. G. Kinematic and dynamic simulation of multibody systems: the real-time challenge / Javier Garcia De Jalon, Eduardo Bayo. – Springer Science & Business Media, 2012.
7. Shabana, A. A. Dynamics of multibody systems / Ahmed A. Shabana. – Cambridge university press, 2013.
8. Костюк І. В. Введення в біомеханіку : навчальний посібник / І. В. Костюк. – Львів : Львівська політехніка, 2000. – 224 с.
9. Біофізика і біомеханіка : підручник / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко та ін. – К. : Політехніка, 2012. – 344 с.
10. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 298 с.
11. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посібник / М. О. Носко, О. В. Бріжаний, С. В. Гаркуша, І. А. Бріжата. – К. : Леся, 2012. – 287 с.
12. Дубровский В. И. Биомеханика : учеб. для сред, и высш. учеб. заведений / В. И. Дубровский, В. Н. Федорова. — М. : ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. — 672 с.

## Допоміжна література

1. Donald R. Peterson, Joseph D. Bronzino. Biomechanics Principles and Practices. 2015. ISBN 9781138748040
2. Charles J. Burstone, Kwangchul Choy. The Biomechanical Foundation of Clinical Orthodontics. 2015. ISBN10 0867156511, ISBN13 9780867156515
3. Nordin, Margareta, and Victor Hirsch Frankel, eds. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
4. Schiehlen, Werner, ed. Multibody systems handbook. Vol. 6. Berlin etc: Springer, 1990.
5. Roberson, Robert E., and Richard Schwertassek. Dynamics of multibody systems. Springer Science & Business Media, 2012.
6. Бегун П. И. Моделирование в биомеханике : учеб. пособие / П. И. Бегун, П. Н. Афонин. – М. : Высшая школа, 2004. – 390 с.
7. Бегун П. И. Биомеханика : учебник для вузов / П. И. Бегун, Ю. А. Шукейло. – СПб. : Политехника, 2000. – 463 с.
8. Бранков Г. Основы биомеханики / Георги Бранков ; пер. с болг. – М. : Мир, 1981. – 255 с. 7. Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Шротер, У. Сид. – М. : Мир, 1981. – 624 с.
9. Huynh, K. T., Gibson, I., Jagdish, B. N., & Lu, W. F. (2015). Development and validation of a discretised multi-body spine model in LifeMOD for biodynamic behaviour simulation. Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 18(2), 175- 184.
10. Huynh, K. T., Gibson, I., Jagdish, B. N., & Lu, W. F. (2015). Development and validation of a discretised multi-body spine model in LifeMOD for biodynamic behaviour simulation. Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 18(2), 175- 184.

## Інформаційні ресурси

1. Biomechanics and Modeling in Mechanobiology. <https://www.springer.com/journal/10237>
2. Free Online Courses in Biomechanics / Class central. – Access mode: <https://www.classcentral.com/tag/biomechanics>
3. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін ; Чорноморський державний університет імені Петра Могили. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили. – Режим доступу: <http://lib.chdu.edu.ua/index.php?m=2&b=309>
4. Кизилова Н. Н. Биомеханика : конспект лекций [Електронний ресурс] / Н. Н. Кизилова ; Харьковський технічний університет радіоелектроніки. – Режим доступу: <http://theormech.univer.kharkov.ua/biocons0.html>
5. Patient-specific mechanical properties of a flexible multi-body model of the scoliotic spine / Y. Petit, C. É. Aubin, H. Labelle // Medical & biological engineering & computing. – 2017. – 55(6). – P. 1039-1050. – Access mode: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02351011>

6. Virtual Lumbar Spine of Multi-body Model Based on Simbody / Gao, Z., Gibson, I., Ding, C., Wang, J., & Wang, J. // Procedia Technology. – 2015. – No. 20. – P. 26-31. – Access mode:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017315001838>