

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 24 червня 2024 р.
№3

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Протезування та штучні органи»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійна програма «Біомедична інженерія»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра біомедичної інженерії та телекомунікацій

Рекомендовано на засіданні
кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
21 червня 2024 р., протокол № 6

Розробник: к.т.н., доцент кафедри біомедичної інженерії
та телекомунікацій КОРЕНІВСЬКА Оксана

Житомир
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

ЗМІСТ

Практична робота №1	
Будова скелету людини, розташування кісток.....	3
Практична робота № 2	
Біомеханічна класифікація опорно-рухового апарату. Біокінематичні ланцюги. Розрахунок вагових параметрів.....	16
Практична робота № 3.	
Визначення рівня ампутації кінцівки.....	29
Практична робота № 4	
Технологія створення протезу нижньої кінцівки.....	39
Практична робота № 5	
Технологія створення протезу верхньої кінцівки.....	40
Практична робота № 6	
Технологія створення ендопротезу.....	41
Практична робота № 7	
Технологія створення протезу ока, протезів зубів.....	42
Практична робота № 8.	
Основи роботи з 3Д сканером.....	43
Практична робота № 9.	
Основи роботи з 3Д принтером	59

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

Практична робота №1 БУДОВА СКЕЛЕТУ ЛЮДИНИ, РОЗТАШУВАННЯ КІСТОК



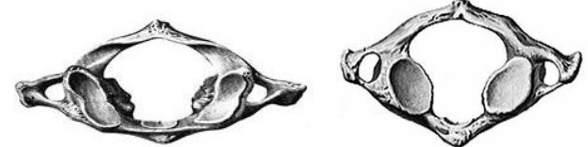





Мета роботи: Вивчити основні особливості опорно-рухового апаратури людини, розташування та види кісток, які можуть бути пошкоджені та потребувати протезування.

Хід роботи:

1. Вивчити онлайн атласи будови людини.
2. Вивчити та виписати всі кістки, які можуть бути пошкоджені та ампутовані і потребувати певного виду протезування.
3. Зробити систематизацію таких кісток для верхніх, нижніх кінцівок, долоні та пальців, стопи та пальців, черепа.
4. Виконати наступні завдання.

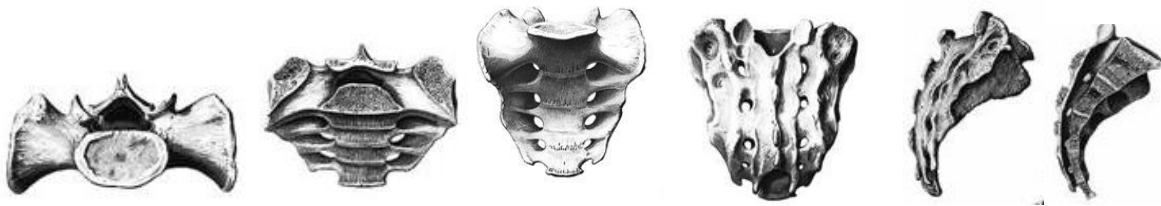
<p>Знайдіть на скелеті людини такі кістки: 1)довгі трубчасті (плечова, стегнова, кістки передпліччя, кістки гомілки);2)короткі трубчасті (п'ясток, плесно, фаланги пальців);3)довгі губчасті (ребра, грудина);4)короткі губчасті (хребці, кістки зап'ястка, п'ястка);5)сезамовидні (гороховидна кістка, наколінок);6)плоскі (тім'яна, лопатка, тазова кістка);7)змішані (клиноподібна).</p> 	<p>Розгляньте на скелеті людини хребтовий стовп і визначте п'ять його відділів: шийний (7хребців); грудний (12хребців); поперековий (5хребців); крижовий (5хребців, які зростаються у дорослої людини в одну суцільну крижову кістку); куприковий (4—5хребців, що є рудиментом хвоста тварин).</p> 
<p>На поперечному і сагітальному розпилах трубчастих кісток:знайдіть: 1)щільну речовину (на діяфізах, на поверхні кістки);2)губчасту речовину (на епіфізах, під щільною речовиною, утворена кістковими балками);3)зверніть увагу на розташування та співвідношення щільної і губчастої речовини в різних кістках людини);4)окістя (сполучнотканинна оболонка білдорожового кольору, міцно з'єднана з тканиною кістки);5)кістково-мозковий канал (в діяфізах трубчастих кісток);6)жовтий кістковий мозок (у кістково-мозковому каналі).</p>	<p>Вивчіть будову типового хребця (грудного або поперекового), знайдіть його частини: 1)тіло (спереду);2)дугу (складається з двох симетричних половин);3)хребцевий отвір (між тілом і дугою);4)сім відростків: а) остистий (горизонтально повернутий назад); б)суглобові відростки — верхні та нижні (парні, розташовані в сагітальній площині); в) поперечні відростки (парні, спрямовані вбік);5)верхню та нижню (глибша) хребцеві вирізки (містяться на дугах у місцях переходу їх у тіло хребця).</p>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

	
<p>Розгляньте перший шийний хребець — атлант (не має тіла) і знайдіть на ньому:: 1) передню дугу (на зовнішній частині має передній горбок, а на внутрішній — ямку зуба — суглобову ямку для зуба II шийного, або осьового, хребця); 2) задню дугу (на зовнішній частині має задній горбок — рудимент остистого відростка); 3) верхні суглобові ямки (овальні, глибші); 4) нижні суглобові ямки (плоскі, для зчленування з III шийним, або осьовим, хребцем); 5) поперечний отвір (у поперечних відростках, через який проходять хребтові артерія і вена).</p> 	<p>Розгляньте II шийний хребець — осьовий (має на верхній частині тіла зуб). Знайдіть на ньому: 1) передню і задню суглобові поверхні зуба; 2) верхні суглобові поверхні (випуклі, для сполучення з нижніми суглобовими поверхнями I шийного хребця, розташовані справа і зліва від зуба); 3) нижні суглобові відростки (для сполучення з III шийним хребцем).</p> 
<p>Запам'ятайте III—VII шийні хребці мають: 1) тіло (менше за тіло грудних); 2) великий хребцевий отвір; 3) роздвоєні на кінцях остисті відростки (крім VII хребця); 4) тонкі дуги; 5) поперечні відростки з отворами.</p> 	<p>Вивчіть будову куприкової кістки. Знайдіть: 1) тіло I—V куприкових хребців; 2) рудименти поперечних відростків I куприкового хребця; 3) ріжки (верхні суглобові відростки).</p> 
<p>Запам'ятайте поперекові хребці мають: 1) масивне тіло; 2) широкі поперечні відростки (розташовані фронтально); 3) міцні остисті відростки; 4) верхні й нижні суглобові відростки (розташовані сагітально).</p> 	<p>Розгляньте грудні хребці. вони мають: 1) парні верхні і нижні реберні ямки справа і зліва (на бічних поверхнях тіла хребця зверху і знизу біля основи дуги I, XI—XII хребці мають по одній ямці); 2) реброві ямки на поперечних відростках (крім XI—XII хребців).</p> 
<p>На крижовій кістці знайдіть: 1) основу (широка, обернена догори); 2) верхівку (звужена, обернена донизу); 3) передню, або тазову поверхню (увігнута); 4) задню, або спинну, поверхню (горбиста, опукла); 5) вушкоподібну поверхню (на бічних частинах крижової кістки, для сполучення з тазовими, або кульшовими, кістками); 6) чотири поперечних лінії (на передній поверхні); 7) чотири пари тазових крижових отворів (на передній поверхні); 8) серединний крижовий гребінь (на задній поверхні); 9) присередні крижові гребені (парні, розташовані паралельно серединному гребеню); 10) бічні крижові гребені (парні, розташовані латерально від проміжних); 11) чотири пари спинних крижових</p>	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

отворів;12)бічні частини крижової кістки, розташовані латерально від бічних крижових гребенів;13)крижовий канал (проходить уздовж кістки).



Розгляньте на скелеті людини кістки:

1)ключицю;2)лопатку;3)плечову кістку;4)ліктьову кістку (розташована на внутрішньому боці передпліччя, з боку мізинця);5)променеву кістку (розташована на зовнішньому боці передпліччя, з боку великого пальця);6)кістки кисті.



Знайдіть на скелеті людини такі кістки:

1) тазові, або кульшові (парні);2) стегнову;3) великогомілкову (в гомілці розташована медіально);4) малогомілкову (в гомілці розташована латерально);5) кістки стопи.

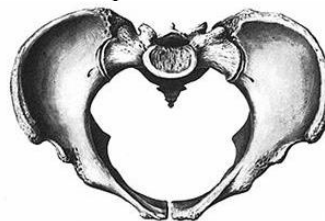


Розгляньте лопатку і знайдіть на ній:

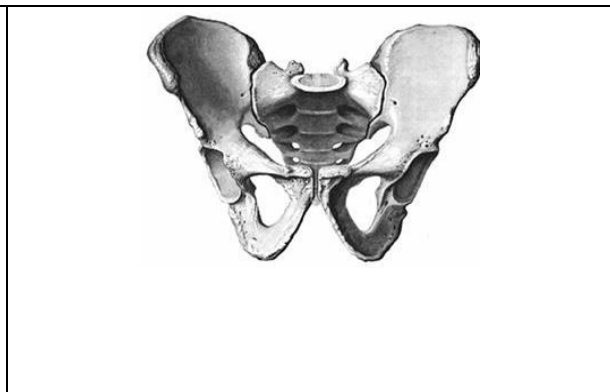
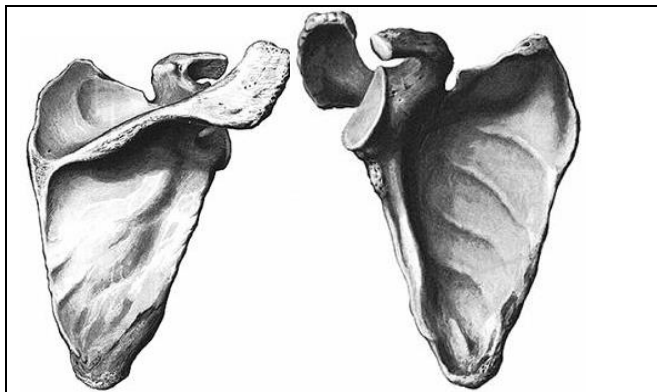
1)верхній край;2)присередній край;3)бічний (латеральний) край;4)верхній кут;5)нижній кут;6)бічний (суглобовий) кут;7)ость лопатки (на дорзальній поверхні);8)надплечовий (акроміальний) відросток (на кінці ості);9)надостьову ямку;10)підостьову ямку;11)дзьобоподібний відросток;12)підлопаткову ямку (прилягає до задньої стінки грудної клітки міжIIIІІІребрами);13)суглобову западину (для сполучення з плечовою кісткою);

На скелеті людини ознайомтеся з будовою таза. Знайдіть:

1)лобкову дугу; підлобковий кут;2)великий таз (утворений крилами клубових кісток);3)малий таз (утворений лобковими, сідничними, крижовою і куприковою кістками);4)пограничну лінію (межа між великим і малим тазом);5)верхній отвір таза;6)нижній отвір таза.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56



Знайдіть на плечовій кістці людини такі утворення:

а) на проксимальному епіфізі:

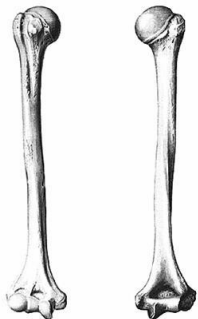
1) головку плечової кістки (має суглобову поверхню); 2) анатомічну шийку (неглибока борозна, розташована під головою); 3) хірургічну шийку (найвужча частина кістки, тут найчастіше трапляються переломи); 4) великий горбок (розташований латеральне); 5) малий горбок (розташований спереду); 6) гребінь великого горбка; 7) гребінь малого горбка; 8) міжгорбкову борозну (між горбками).

б) на тілі кістки:

1) дельтоподібну горбистість, до якої прикріплюється дельтоподібний м'яз.

в) на дистальному епіфізі:

1) блок плечової кістки (для сполучення з ліктьовою кісткою); 2) малу головку плечової кістки (латеральне, має кулясту суглобову поверхню для сполучення з променевою кісткою); 3) ліктьову ямку (міститься ззаду над блоком); 4) вінцеву ямку (міститься спереду над блоком); 5) променеву ямку; 6) бічний, або зовнішній, надвиросток; 7) присередній, або внутрішній, надвиросток.



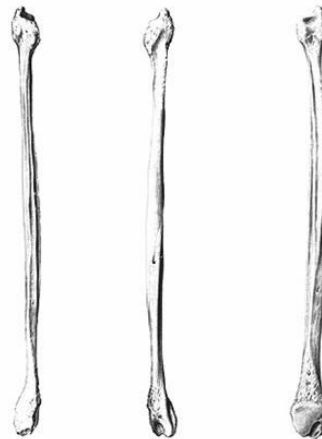
Розгляньте маломілку кістку знайдіть:

а) на проксимальному епіфізі:

1) головку маломілкової кістки; 2) суглобову поверхню головки маломілкової кістки; 3) тіло маломілкової кістки;

б) на дистальному епіфізі:

1) бічну або латеральну кісточку; 2) суглобову поверхню бічної кісточки (для з'єднання з надп'ятковою кісткою).



Знайдіть на ліктьовій кістці людини такі утворення:

а) на проксимальному епіфізі:



1) ліктьовий відросток (верхній); 2) вінцевий відросток (нижній); 3) блокову вирізку (між відростками); 4) променеву вирізку (на вінцевому відростку); 5) горбистість ліктьової кістки (під

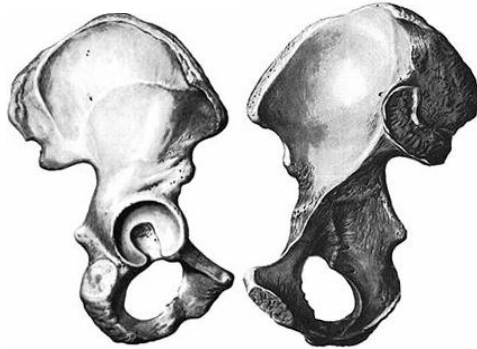
Розгляньте променеву кістку знайдіть:

а) на проксимальному епіфізі:

1) головку (циліндричної форми); 2) шийку (під головою); 3) суглобовий обвід (на головці кістки); 4) горбистість променевої кістки (нижче від шийки, до неї приєднується сухожилок двоголового м'яза плеча);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

<p>вінцевим відростком); б) на дистальному епіфізі: 1)головку (має суглобовий обвід для сполучення з променевою кісткою);2)шилоподібний відросток (з медіального боку).</p> 	<p>б) на дистальному епіфізі: 1)ліктьову вирізку (з медіального боку);2)зап'ясткову суглобову поверхню (увігнута, для сполучення з кістками зап'ястка);3)шилоподібний відросток (з латерального боку).</p> 
--	---

<p>Знайдіть на тазовій (кульшовій) кістці: 1) кульшову западину (місце зрощення трьох кісток: клубової, лобкової, сідничної);2) клубову кістку (її тіло утворює верхній відділ кульшової западини);3) сідничну кістку (міститься в тазовій кістці внизу і ззаду);4) лобову кістку (її тіло утворює передній відділ кульшової западини). Знайдіть на клубовій кістці: 1)тіло клубової кістки;2)крило клубової кістки (розташоване від тіла догори і назад);3)клубовий гребінь (верхній край крила);4)клубові ості: передню верхню (спереду від гребеня);5)передню нижню;6)задню верхню;7)задню нижню;8)клубову ямку (на внутрішній поверхні крила);9)дугоподібну лінію (межа між великим і малим тазом);10)вушкоподібну поверхню (для сполучення з крижовою кісткою);11)три сідничні лінії — передню, задню, нижню (на зовнішній поверхні крила клубової кістки, для прикріплення однойменних м'язів). Знайдіть на сідничній кістці: 1)тіло сідничної кістки;2)гілку сідничної кістки (тіло і гілка замикають знизу і збоку затульний отвір);3)сідничний горб (місце з'єднання тіла і гілки);4)сідничнуость (вище від горба);5)велику сідничну вирізку (вище від ості);6)малу сідничну вирізку (нижче від ості). Знайдіть на лобковій кістці: 1)тіло лобкової кістки;2)верхню гілку лобкової кістки;3)нижню гілку лобкової кістки (обидві гілки обмежують затульний отвір);4)лобковий гребінь (тягнеться вздовж верхньої гілки);5)лобковий горбок (ним закінчується лобковий гребінь).</p> 	
--	--

<p>Знайдіть на стегновій кістці: а) на проксимальному епіфізі: 1)головку стегнової кістки;2)шийку стегнової кістки (звужена частина, переходить у тіло кістки);3)великий і малий вертлоги (у місці</p>	<p>Розгляньте великогомілкову кістку і знайдіть: а) на проксимальному епіфізі: 1)присередній (медіальний) виросток;2)бічний (латеральний) виросток</p>
--	--

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	

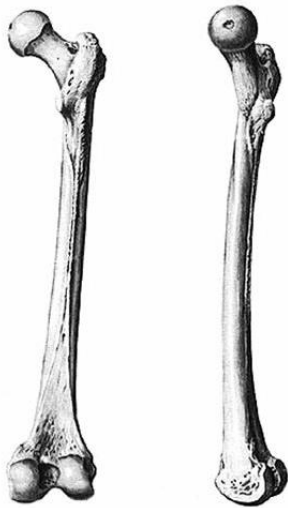
переходу шийки в тіло);**4**)ямку головки стегнової кістки;**5**)міжвертлюговий гребінь (ззаду між обома вертлюгами);

б) на тілі стегнової кістки:

1)шорстку лінію (на задній поверхні тіла кістки, до неї приєднуються м'язи);

в) на дистальному епіфізі:

1)присередній(медіальний) виросток;**2**)бічний (латеральний) виросток;**3**)міжвиросткову ямку (розділяє виростки);**4**)присередній надвиросток (на бічній поверхні виростка);**5**)бічний (латеральний) надвиросток (на бічній поверхні бічного виростка);**6**)наколінкову поверхню (на передній поверхні стегнової кістки, для сполучення з наколінком).



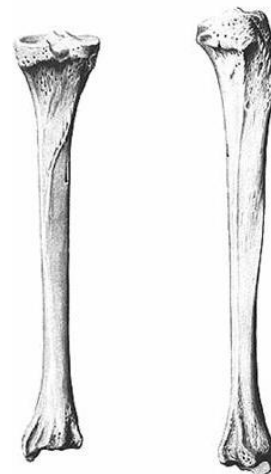
(виростки мають суглобові поверхні для сполучення із стегною кісткою);**3**)міжвиросткове підвищення (розділяє суглобові поверхні виростків);**4**)малогомілкову суглобову поверхню (нижче від зовнішнього виростка, для сполучення з головкою малогомілкової кістки);

б) на тілі кістки:

1)передній край;**2**)присередній (медіальний) край;**3**)міжкістковий край;**4**)присередню (медіальну) поверхню;**5**)задню поверхню;**6**)бічну (латеральну) поверхню;**7**)горбистість великогомілкової кістки (на передньому краї кістки);

в) на дистальному епіфізі:

1)присередню кісточку;**2**)малогомілкову вирізку.



Запам'ятайте: кістки кисті діляться на три відділи: зап'ясток, п'ясток і кістки пальців кисті
На скелеті людини знайдіть кістки зап'ястка:

а) проксимальний ряд кісток (від великого пальця кисті):

1)човноподібну;**2**)півмісяцеву;**3**)тригранну;**4**)горохоподібну;

б) дистальний ряд кісток:

1)кістка трапеція,**2**)малу трапецієподібна,**3**)головчасту;**4**)гачкувату.

5.Виберіть знайдіть кістки п'ястка:

1)І п'ясткову (найтовща);**2**) Пп'ясткову (найдовша);**3**) ІІІ— Vп'ясткові

6.На кожній п'ястковій кістці знайдіть:

1)тіло;**2**)основу;**3**)головку.

Знайдіть на ІІ— V пальцях кисті фаланги:

1)проксимальну (основу);**2**)середню;**3**)кінцеву (дистальну, нігтьову).



Запам'ятайте: кістки стопи діляться на три відділи: заплесно, плесно, кістки пальців стопи.
На скелеті людини знайдіть кістки заплесна:

а) проксимальний ряд кісток;

1)п'яткову;**2**)надп'яткову (тіло і головка спираються на п'яткову кістку);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

б) дистальний ряд кісток:

1)кубодібну (міститься з латерального боку стопи);2)три клиноподібні кістки (медіальну — присередню, проміжну і бічну);3)човноподібну кістку (розташована медіально між цими рядами).

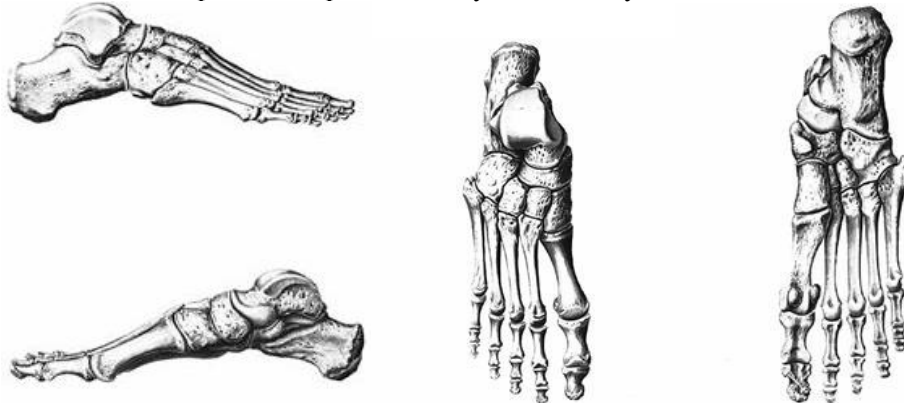
5.Розгляньте кістки плесна.Знайдіть:

1)тіло;2)основу;3)головку;4)горбистість I плесневої кістки;5)горбистість Vплесневої кістки.

6.Знайдіть на II—V пальцях стопи фаланги:

1)проксимальну (ближчу, основну);2)середню;3)кінцеву (дистальну, нігтьову).

Великий палець має дві фаланги: проксимальну і дистальну.



На малюнку знайдіть суглоби:

1)обертові, або циліндричні(суглобові поверхні у вигляді відрізків циліндра: променелігтьовісуглоби — проксимальний і дистальний);2)блокоподібні (різновид циліндричних суглобів; міжфалангові суглоби);3)еліпсоподібні (за формою близькі до еліпсоїда; променезап'ястковий суглоб);4)сідлоподібні (суглобові поверхні обох кісток мають вигляд сідла, зап'ястковоп'ястковий суглоб великого пальця);5)кулясті (мають неконгруентні суглобові поверхні; плечовий суглоб);6)плоскі (мають плоскі суглобові поверхні; надплечоключичний, або акроміальноключичний суглоб).

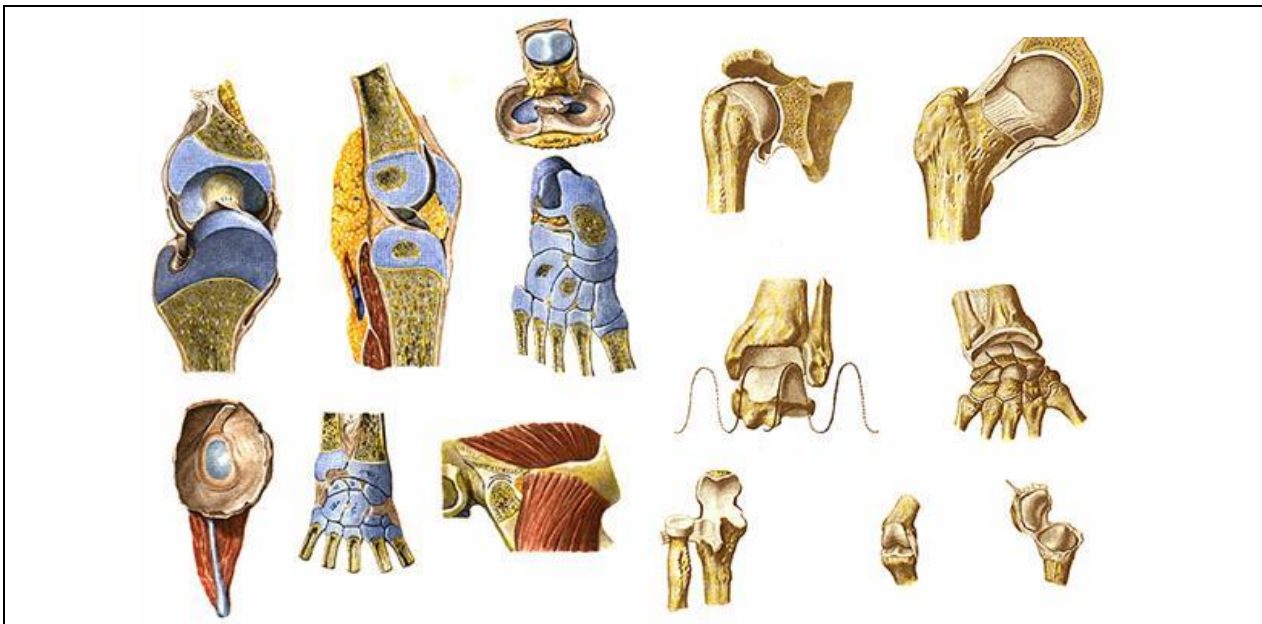
Визначте за формою суглобових поверхонь кісток, які рухи можливі в суглобах.

Запам'ятайте:в суглобах можливі такі рухи:

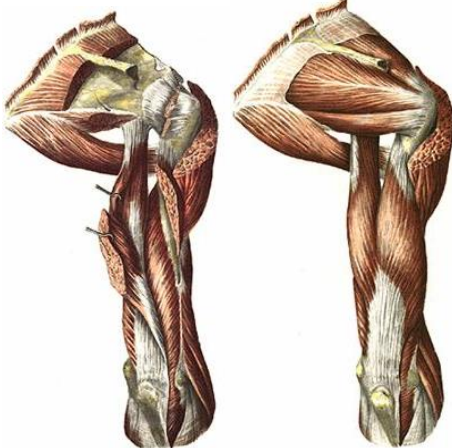
1)згинання (флексія) і розгинання (екстензія) — навколо поперечної (фронтальної) осі;2)відведення (абдукція) і приведення (аддукція) — навколо сагітальної осі;3)обертання назовні(супінація) і обертання досередини (пронація) — навколо вертикальної осі;4)колове обертання (циркумдукція) — відбувається переміщення з однієї осі на другу.

Запам'ятайте:

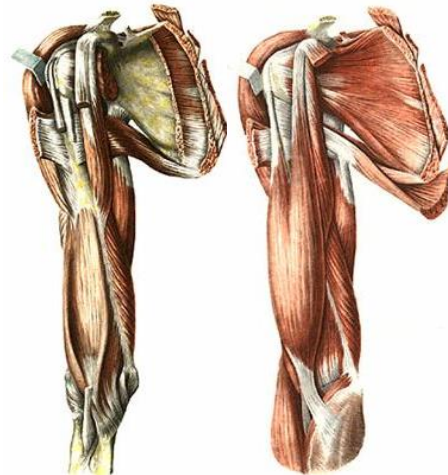
Від форми суглобів залежитьрізноманітність рухів у них і, навпаки, різноманітність рухів у суглобахзалежить від форми суглобових поверхонь. Обертові, або циліндричні, іблокоподібні суглоби є одноосьовими, еліпсоподібні і сідлоподібнісуглоби — двохосьовими, кулясті і плоскі суглоби — багатосьовими.

**Знайдіть такі м'язи грудного пояса:**

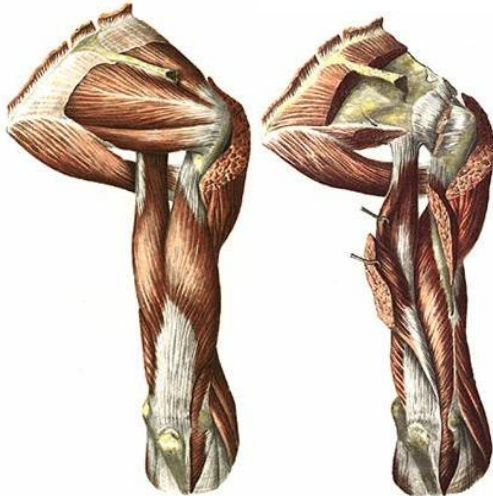


1) дельтоподібний м'яз (розташований поверхнево, трикутної форми); **2)** надостовий м'яз (займає всю надосну ямку лопатки); **3)** підостовий м'яз (лежить у підосній ямці лопатки); **4)** малий круглий м'яз (розташований під попереднім); **5)** великий круглий м'яз (лежить під малим круглим м'язом); **6)** підлопатковий м'яз (заповнює однойменну ямку лопатки).

**1. Знайдіть м'язи вільної верхньої кінцівки.****М'язи плеча:****а) передній відділ плеча (м'язи-згиначі, або флексори):**



1) двоголовий м'яз плеча (має дві головки, розташовані під шкірою); **2)** дзьобоплечовий м'яз (прикритий короткою головкою двоголового м'яза плеча); **3)** плечовий м'яз (розташований під двоголовим м'язом плеча);



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

<p>б) задній відділ плеча (м'язи-розгиначі, або екстензори): 1) триголовий м'яз плеча (має три головки, розташований вздовж усієї задньої поверхні плеча); 2) ліктьовий м'яз (невеликий, трикутної форми, примикає своїм проксимальним кінцем до триголового м'яза плеча).</p>	
<p>М'язи передпліччя: а) передній відділ передпліччя: поверхневі м'язи передпліччя: 1) круглий м'яз — привертач (самий товстий і короткий м'яз поверхневих м'язів передпліччя); 2) променевий м'яз — згинач зап'ястка (прилягає до круглого м'яза — привертача (пронатора); 3) довгий долонний м'яз лежить медіальне від попереднього); 4) ліктьовий м'яз — згинач зап'ястка (розташований уздовж медіального краю передпліччя); 5) поверхневий м'яз — згинач пальців (лежить у другому шарі м'язів під чотирма переліченими вище м'язами);</p>  <p>глибокі м'язи передпліччя: 1) глибокий м'яз — згинач пальців (має чотири кінцевих сухожилки, лежить у третьому шарі м'язів); 2) довгий м'яз — згинач великого пальця (лежить латерально у третьому шарі м'язів); 3) квадратний м'яз — привертач (лежить</p>	<p>б) задній відділ передпліччя: поверхневі м'язи передпліччя: 1) довгий променевий м'яз — розгинач зап'ястка (спускається вздовж променевої кістки); 2) короткий променевий м'яз — розгинач зап'ястка (йде поряд з довгим променевим м'язом — розгиначем зап'ястка); 3) м'яз — розгинач пальців (поділяється на чотири сухожилки до II—V пальців); 4) ліктьовий м'яз — розгинач зап'ястка (прилягає своїм латеральним краєм до м'яза — розчинача пальців); 5) м'яз — розгинач мізинця;</p>  <p>глибокі м'язи передпліччя: 1) м'яз — відвертач (розташований у верхньому відділі передпліччя); 2) довгий відвідний м'яз великого пальця (йде донизу і латерально); 3) короткий м'яз — розгинач великого пальця (прилягає щільно до</p>

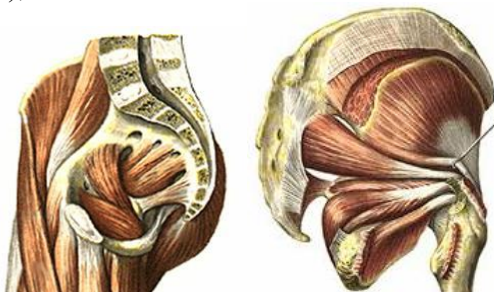

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

<p>найглибше, у четвертому шарі м'язів, чотирикутної форми);</p> 	<p>попереднього м'яза;4)довгий м'яз — розгинач великого пальця (лежить медіально від попереднього м'яза);5)м'яз — розгинач вказівного пальця (має довгий сухожилок, що з'єднується з відповідним сухожилком м'яза — розгинача пальців).</p> 
--	---

<p>М'язи кисті:</p> <p>а) м'язи підвищення великого пальця кисті (бічна група): 1)короткий відвідний м'яз великого пальця кисті;2)короткий м'яз — згинач великого пальця кисті;3)протиставний м'яз великого пальця кисті;4)привідний м'яз великого пальця кисті(усі ці м'язи починаються від кісток зап'ястка і п'ястка,прикріплюються в ділянці I п'ясткової кістки і проксимальної основи фаланги великого пальця);</p> <p>б) м'язи підвищення мізинця присередня група: 1)короткий долонний м'яз;2)короткий м'яз — згинач мізинця;3)протиставний м'яз мізинця;4)відвідний м'яз мізинця (усі ці м'язи починаються на кістках зап'ястка і приєднуються до проксимальної фаланги V пальця і до V п'ясткової кістки);</p> <p>в) середня група: 1)червоподібні м'язи (чотири);2)долонні міжкісткові м'язи (три розташовані у міжкісткових проміжках);3)тильні міжкісткові м'язи (чотири).</p> 	
---	--

<p>I. М'язи таза Знайдіть такі м'язи тазового пояса:</p> <p>а) внутрішні : 1)клубовопоперековий м'яз (складається з двох м'язів: великого поперекового і клубового);2)внутрішній затульний м'яз(починається від кісток навколо затульного отвору, іде до великого вертлюга стегнової кістки і приєднується до його вертлюжної ями);3)грушоподібний м'яз (починається від передньої поверхні крижової кістки і</p>	<p>б)зовнішні: 1)великийсідничнийм'яз(залягаєпідшкірою);2)середнійсідничнийм'яз(лежитьпідвеликимсідничним,частковонимприкритий);3)малийсідничнийм'яз(цілкомприкритийсереднімсідничнимм'язом);4)зовнішнійзатульнийм'яз(починаєтьсязовнівідкістокнавколозатульногоотворуі приєднуєтьсядовертлюжноїямки);5)верхнійінижнійблизюкові м'язи(лежатьпокраяхвідзовнішньоїчастинивнутрішньогозатульногом'яза);6)квадратнийм'язстегна(плоский,лежитьнижч</p>
--	---





Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

<p>приєднується до великого вертлюга стегнової кістки);</p> 	<p>евідпопередніх);7)м'яз— натягувачширокоїфасції(лежитьналатерально мубоцітазаістегна).</p> 
---	--

<p>II. М'язи вільної частини нижньої кінцівки 1. Знайдіть такі м'язи вільної нижньої кінцівки: М'язи стегна:</p> <p>а) передній відділ стегна: 1)чотириголовий м'яз (має чотири головки: прямий м'яз стегна,широкий бічний (латеральний) м'яз, широкий присередній (медіальний)м'яз, широкий проміжний м'яз);2)кравецький м'яз (довгий і вузький, перетинає по діагоналі передню поверхню стегна);</p> <p>б) задній відділ стегна: 1)двоголовий м'яз стегна (лежить уздовж латерального краю задньої поверхні стегна);2)півсухожилковий м'яз (має довгий сухожилок, 3) півперетинчастий м'яз (розташований під попереднім м'язом);</p> <p>в) присередній відділ стегна : 1)тонкий (стрункий) м'яз (лежить поверхнево вздовж медіального краю стегна);2)гребінний м'яз (коротший за інші, розташований поряд з клубовопоперековим м'язом);3)довгий привідний м'яз (лежить поряд з попереднім, медіально від нього);4)короткий привідний м'яз (лежить під довгим привідним м'язом);5)великий привідний м'яз (розташований глибше від попередніх, найсильніший м'яз із усієї групи).</p>	
 <p>А)</p>	 <p>Б)</p>
 <p>В)</p>	

<p>М'язи гомілки: а) передній відділ гомілки: 1)передній великогомілковий м'яз (розташований поверхнево);2)довгий м'яз — розгинач пальців (поділяється на чотири сухожилки до II— Vпальців);3)довгий м'яз — розгинач великого пальця (лежить поміж попередніми двома);</p>	<p>глибокий шар: 1)довгий м'яз — згинач пальців (поділяється на чотири сухожилки, що йдуть до II— Vпальців);2)задній великогомілковий м'яз;3)довгий м'яз — згинач великого пальця (три останніх м'язи лежать на задній поверхні обох гомілкових кісток і міжкісткової перетинки);4)підколінний м'яз.</p>
---	--

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	

 <p>б) задній відділ гомілки; поверхневий шар: 1) триголовий м'яз литки (лежить поверхнево, складається з двох м'язів: литкового і камбалоподібного); 2) підшвовий м'яз (невеликий, проходить між названими м'язами);</p> 	 <p>в) бічний відділ гомілки: 1) довгий малогомілковий м'яз; 2) короткий малогомілковий м'яз (лежить під попереднім м'язом).</p> 
---	---

М'язи стопи.

а) підшвова група:
м'яз підвищення великого пальця стопи:
1) відвідний м'яз великого пальця стопи; 2) короткий м'яз — згинач великого пальця стопи; 3) привідний м'яз великого пальця стопи;



м'язи підвищення мізинця стопи:
1) короткий м'яз — згинач мізинця; 2) відвідний м'яз мізинця;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56



середня група:

1) короткий м'яз — згинач пальців; 2) квадратний м'яз підошви; 3) червоподібні м'язи (чотири); 4) тильні міжкісткові м'язи (чотири); 5) підошовні міжкісткові м'язи (три);

б) тильна група:

1) короткий м'яз — розгинач пальців; 2) короткий м'яз — розгинач великого пальця стопи.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

Практична робота № 2

БІОМЕХАНІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ БІОКІНЕМАТИЧНІ ЛАНЦЮГИ. РОЗРАХУНОК ВАГОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Мета роботи: вивчити поняття біокінематичного ланцюга та його складових ланок. Вивчити всі біоланки опорно-рухового апарату людини. Навчитися розраховувати ступені вільності біоланок людини.

Хід роботи:

1. Вивчити та законспектувати основні поняття класифікації ОРА.
2. Вивчити всі біокінематичні пари ОРА людини.
3. Розрахувати ступені вільності заданих викладачем біокінематичних пар.
4. Розрахувати ступені рухливості всіх суглобів тіла людини.
5. Зробити висновки по роботі.

Для об'єктивного аналізу рухів та рухових дій людини необхідно використовувати відомі біомеханічні дані про її руховий апарат як про матеріальну систему процесу рухів її тіла. *Опорно-руховий апарат (ОРА (рис. 2.1))* — це система кісткових важелів, що приводиться у дію м'язами. Руховий апарат людини, з точки зору біомеханіки, являє собою систему біокінематичних ланцюгів, усі ланки котрого об'єднані у біокінематичні пари і мають між собою зв'язки, що визначають їх зовнішню свободу рухів.

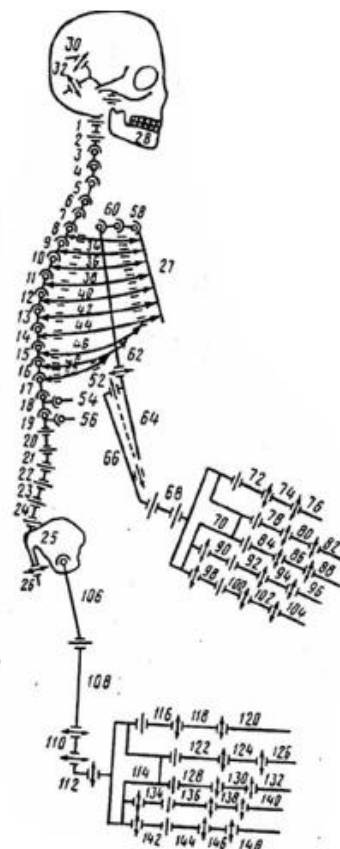


Рис. 2.1. – Структурна схема опорно-рухового апарату людини
Складовими частинами біомеханічної системи є біокінематичні ланцюги –

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

ланцюги між багатьма частинами тіла, що рухомо з'єднані. До цих ланцюгів прикладаються сили (навантаження), які викликають деформацію і зміну рухів.

Біокінематичний ланцюг – це послідовне з'єднання ряду біокінематичних пар.

Біокінематична пара – це рухоме (кінематичне) сполучення двох кісткових механізмів, у якому можливості рухів визначаються будовою цього з'єднання і управляючим впливом м'язів. У біокінематичних парах рухового апарату людини з'єднання двох ланок здійснюються таким чином, щоб створити лише наперед задані (визначені) рухи. Це забезпечується ступенями вільності окремих ланок і організму в цілому, що і визначає направленість руху.

Суттєвим є те, що кількість з'єднань ланок і кількість ступеней вільності живого організму набагато перевищує те, з чим має справу теорія механізмів і машин (тобто є більшою, ніж 1).

СТУПЕНІ ВІЛЬНОСТІ В БІОКІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ

Кожна біокінематична пара володіє тією чи іншою кількістю ступеней вільності, що і визначає рухові можливості організму. Взагалі, число ступеней вільності ланки відповідає кількості її незалежних переміщень (лінійних та кутових).

З курсу механіки відомо, якщо на фізичне тіло не накладається ніяких обмежень (в'язів), то воно може рухатися в напрямку усіх трьох взаємно перпендикулярних осей поступально. Тому таке тіло має 6 ступеней вільності.

Кожен зв'язок, що накладається, зменшує кількість ступеней вільності:

- зафіксувавши одну точку вільного тіла зразу відбирають у нього 3 ступені вільності (можливих лінійних переміщень відносно основних трьох координатних осей); приклад: шароподібний суглоб, у якому зменшилася кількість ступеней вільності до трьох;
- закріплення двох точок тіла відповідає фіксації його на осі, що проходить крізь ці точки – залишається одна ступінь вільності;
- закріплення трьох точок повністю відбирає у тіла можливість руху; тому таке з'єднання до суглобів не відноситься.

До суглобів з трьома ступенями вільності відносяться шароподібні суглоби, де можливі рухи у наступних напрямках: поворот; приведення і відведення у фронтальній площині; згинання та розгинання. Такими суглобами є: плечовий, тазостегновий.

До суглобів з двома ступенями вільності відносяться: колінний суглоб (який припускає згинання і розгинання, а також деякий поворот голені відносно стегна), зап'ястно-п'ястний суглоб великого пальця кисті руки і деякі інші.

Суглобами з одним ступенем вільності є плече, ліктьовий, міжфалангові суглоби пальців, сочленіння стопи з великою берцовою кісткою.

Кількість ступеней вільності кінематичного ланцюгу опорно-рухової системи людини дорівнює числу незалежних джерел енергії, необхідних для приведення у рух тієї чи іншої ланки відносно відповідної осі обертання суглобу.

Розрахунок числа ступеней вільності кінематичного ланцюгу проводиться за наступною формулою:

$$N = 6n - \sum i P_i,$$

N – число ступеней вільності,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	

n – кількість рухомих ланок кінематичного ланцюга,

i – часло обмежень ступеней вільності в з'єднаннях – суглобах,

P_i – число з'єднань з i -обмеженнями, при цьому

$$\sum P_i = n - 1.$$

Загальна кількість ступеней вільності тіла людини складає близько:

$$6 \cdot 144 - 5 \cdot 81 - 4 \cdot 33 - 3 \cdot 29 = 240.$$

Число ступеней вільності, руки, можна розрахувати за залежністю:

$$n=18, \Sigma f=27, \Sigma \lambda n(\lambda)=35, P_i=1.$$

Σf – число ступенів вільності біокінематичних пар;

$\Sigma \lambda n(\lambda)$ – число сегментів, які мають λ з'єднань: плече має 2 суглоби; передпліччя, 1-5-п'ясні кістки і проксимальні фаланги пальців – також по 2.

Для відкритого біокінематичного ланцюга отримаємо: $N=\Sigma f=27$.

У цій залежності n характеризує число рухомих сегментів: плече, передпліччя, зап'ястя, 1-5-п'ясні кістки, проксимальні та дистальні фаланги пальців кисті. Дистальні фаланги пальців мають по 1 суглобу. Зап'ястя має 6 суглобів (променеве зап'ястний, зап'ясно-п'ясний 1-гої п'ясно-фалангові 2-5-гопальців).

Найсуттєвішим є те, що майже в усіх суглобах ступеней вільності більше, ніж

У механізмах (тобто більше, ніж 1). З одного боку, устрій пасивного апарату людини (кістки, суглоби) створює невизначеність руху, а з іншого м'язи (їх управляючі рухи) накладають додаткові ступені зв'язку і залишають необхідну кількість ступеней вільності. Так і забезпечується необхідна можливість рухів.

Таким чином, м'язи – це той апарат, що забезпечує управління рухами і спрямовує рух у наперед заданому напрямку. Крім того, своєрідність процесів управління рухами людини зумовлена також особливостями м'язової системи, як системи двигунів, що перемагають зайві ступені вільності.

Зрозуміло, що нервово-м'язове управління рухами, яке полягає в зменшенні цих ступенів вільності, сильно відрізняється від систем управління у техніці.

Розрізняють *замкнені та незамкнені біокінематичні ланцюги*. У незамкнених ланцюгах є остання («вільна») ланка, котра входить до складу лише однієї пари; у цих ланцюгах немає вільної кінцевої ланки, кожна ланка входить у дві пари. У незамкненому ланцюзі можливі ізольовані рухи у кожному окремо взятому суглобі. При цьому можливість ізольованого руху не виключається будовою незамкнутого ланцюга, бо рухи біокінематичних ланцюгів у рухових діях зазвичай відбуваються одночасно у багатьох суглобах.

У замкненому ланцюзі ізольовані рухи в одному суглобі неможливі, бо обов'язково при цьому у рух залучаються й інші з'єднання.

Незамкнений ланцюг може стати замкненим, якщо вільна кінцева ланка отримає зв'язок (опору, захват) з іншою ланкою ланцюга чи безпосередньо, чи через будь-яке тіло. Наприклад, вільна кінцівка (руки, ноги) являють собою незамкнений ланцюг. Дві ноги через таз є замкненим ланцюгом через опору. Постійно замкнений ланцюг: грудина-ребро-хребет-ребро-грудина. Дві ноги можуть замкнути ланцюг через опору, наприклад, у положенні впаду.

Ці взаємозв'язки у біокінематичному ланцюгу обов'язково потрібно

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

враховувати при аналізі роботи м'язів, при оцінці їх напруженості, спроможності до скорочення. Замкнений ланцюг може розімкнутися, а через це – і змінити свої можливості (наприклад, при переході ноги зі стану випадку до звичайного стану). Постійно замкнені системи тут не розглядаються. Завдяки переходу ланцюгів із замкненого стану в незамкнений і здійснюється рух людини. Значна частина незамкнених біокінематичних ланцюгів оснащена багатосуглобними м'язами. Тому рухи в одних суглобах через такі м'язи більш чи менш пов'язані з рухами в сусідніх суглобах. Однак при точному управлінні в багатьох випадках цей взаємний зв'язок можна виключити, перебороти. В замкнених ланцюгах такий зв'язок є непереборним, і дії м'язів передаються на віддалені суглоби

Одним із способів моделювання рухового апарату є уявлення про нього як про систему взаємозв'язаних біокінематичних ланок. У реальних умовах функціонування організму усі рухомі ланки тіла мають між собою кінематичні зв'язки, котрі обмежують їх зовнішню свободу рухів. Завдяки цим зв'язкам усі біокінематичні ланки об'єднані у біокінематичні пари. У руховому апараті людини на відносний рух кожної ланки будь-якої біокінематичної пари (залежно від способу з'єднання її ланок) накладено певні обмеження. На характер вказаних обмежень впливають такі чинники, як пластичний стан тканин, що беруть участь в утворенні будь-якого сполучення, а якщо це суглоб, то ще й форма поверхні кісток, що сполучаються, наявність того чи іншого допоміжного апарату, участь у рухах певних груп м'язів та наявність різних морфологічних компонентів. Усе це для зручності дослідження можна об'єднати таким поняттям, як умови зв'язку біоланок у біокінематичних парах.

Те чи інше число умов зв'язку (**S**) обмежує рухомість кожної біоланки у парі, котре теоретично не може бути менше **1** або більше **5** у силу максимально можливих **6** ступенів свободи руху усякого незв'язаного тіла ($1 < S < 5$). Кількість ступенів свободи у будь-якій біокінематичній парі рухового апарату (**H**) визначають виходячи із залежності між числом умов зв'язку у парі (кількість обмежень - **S**) та загальними можливостями руху у тривимірному просторі (**6** – три поступальних, три обертальних):

$$H = 6 - S.$$

Якщо враховувати, що кількість умов зворотного зв'язку біоланок теоретично можливе тільки у межах від 1 до 5, то слід було б виділити біокінематичні пари п'яти класів. Тоді з попереднього рівняння можна було б визначити число зв'язків практично будь-якої біокіне-матичної пари рухового апарату людини.

Таким чином, біокінематична пара I класу мала б п'ять ступенів свободи рухів ланок, II класу — чотири, III класу — три, IV класу — два, пара V класу мала б тільки один ступінь свободи рухів. У руховому апараті немає жодної біокінематичної пари I та II класу, на доказ чого можна констатувати, що жодна з ланок не має чотирьох, а тим більше п'яти ступенів свободи руху щодо своєї пари. Ланки біокінематичних пар мають максимум три ступеня свободи щодо своєї пари, тому при класифікації їх можна віднести до пар III класу. Такими парами є плече й лопатка, зчленовані у плечовому суглобі, та деякі інші. Біокінематичними парами IV класу слід, зокрема, вважати передпліччя та кисть, зчленовані у променевоzap'ястковому суглобі. Класифікація біокінематичних пар за класами передбачає також урахування усіх рухів тіла, що спричиняє необхідність більш дрібного поділу у кожній парі. Зважаючи

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

на те, що пар I та II класу в руховоу апараті людини не виявлено, розглянемо можливі відмінності біокінематичних пар III, IV та V класів (рис. 2.2).

Усі можливі одночасні рухи в біопарах III класу теоретично можна поділити на чотири види: перший — виконання трьох обертальних рухів, другий — два обертальних і один поступальний, третій — один обертальний та два поступальних, четвертий — три поступальних рухи. За даними біомеханічних досліджень, серед біокінематичних пар III класу у людини є пари тільки першого виду, оскільки в усіх зчленуваннях з парами цього класу за звичайних умов можливі тільки три обертальних рухи.

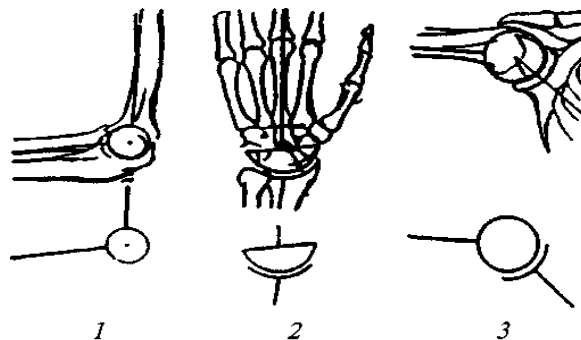


Рис. 2.2. - Графічне зображення біокінематичних пар:

- 1–V клас (ліктьовий суглоб);
- 2–IV клас (суглоб кисті);
- 3–III клас (плечовий суглоб).

Усі можливі одночасні рухи в біопарах IV класу також можна поділити на три види. У парах першого виду цього класу можливі тільки два обертальних рухи, другого – один обертальний та один поступальний і третього виду – два поступальних рухи ланок.

У руховому апараті людини за звичайних умов серед пар четвертого класу зустрічаються пари тільки першого виду.

Усі можливі одночасні рухи в біопарах V класу теоретично можуть бути усього двох видів. Перший вид має один обертальний рух, другий – один поступальний рух. У біокінематичних парах V класу у людини зустрічаються переважно пари першого виду, хоча за певних умов можна припустити наявність пари і другого виду. Щодо пар VI класу можна припустити відсутність можливих рухів в них.

Згідно з наведеними даними, біокінематичні пари опорно-рухового апарату структурно і функціонально об'єднані у біокінематичні ланцюги. Цей принцип організації у руховому відношенні видається надзвичайно вигідним та раціональним.

Біокінематичним ланцюгом слід вважати зв'язані між собою біокінематичні пари з урахуванням їх природного місця в опорно-руховому апараті та біологічної ролі, що філогенетичне склалася, в організмі людини. Морфологічно ці ланцюги визначаються як прості або складні залежно від того, кільком парам належать їх ланки. У простому біокінематичному ланцюгу кожна ланка є елементом не більше двох пар; складний ланцюг може включати біоланки, що входять у три і більше кінематичні пари.

Прості та складні рухомі ланцюги можуть бути також замкненими й незамкненими. До замкнених біокінематичних ланцюгів належать біоланки, що

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

входять не менше ніж у дві біокінематичні пари. Незамкнені біокінематичні ланцюги містять біоланки, що входять тільки в одну рухому пару.

Число ступенів свободи руху біокінематичних ланцюгів опорно-рухового апарату людини (Н) відповідно до урахування числа пар I класу (В₁), II класу (В₂), III класу (В₃), IV класу (В₄), V класу (В₅) та VI класу (В₆). З усіх можливих ступенів свободи ланок біокінематичного ланцюга, що розглядається, виключаються ступені свободи, що обумовлені наявністю відповідного числа умов зв'язку. У такому випадку число ступенів свободи (Н), котрі має даний ланцюг, буде складати:

$$H = 6k - 5B_5 - 4B_4 - 3B_3;$$

де: k — кількість пар у ланцюгу; 5, 4, 3 коефіцієнти, на котрі слід помножити кількість пар відповідного класу, що є у ланцюгу, який розглядається.

Назва біокінематичного ланцюга складається з аббревіатури ВКС (*bios, kinesis, catena*, — ланцюг, що біологічно рухається), індексу, котрий позначається латинською літерою **p** (*part*— частина) та початкової літери латинської назви частини тіла або скелета: голови, тулуба (хребетний стовп, грудна клітка), пояса верхніх кінцівок (плечовий), вільних верхніх кінцівок, пояса нижніх кінцівок (таз) та нижніх кінцівок. Наприклад, біокінематичний ланцюг вільної верхньої кінцівки записується: ВКС_{pms} (**ms** — *memrum superius*— верхня кінцівка).

У принципі все тіло людини залежно від мети дослідження, можна розглядати як єдиний біокінематичний ланцюг: ВКС_{shs}, де індекс складається з перших літер слів *soma* (тіло), *homo sapiens* (людина розумна). Якщо треба позначити біокінематичний ланцюг, що складається не з усіх ланок частини тіла, то індекс утворюють від назв відповідних кісткових утворень або відділів. Наприклад, біокінематичний ланцюг грудного відділу хребта слід записати так: ВКС_{tcv} де **t** — *thoracalis* (грудний), **cv**— *columna vertebralis* (хребетний стовп). У записах біокінематичних пар у аббревіатурі ВКС останню літеру замінюють на **P**. Для того щоб показати, до якого ланцюга належить пара, при аббревіатурі зберігають індекс відповідного ланцюга (наприклад, ВКР_{cv} — пара хребетного стовпа). У даному випадку, однак, неможна встановити, яка це пара, тому слід повідомити також її порядковий номер, починаючи від проксимального кінця хребетного стовпа ВКР_{c-10} (або ВКР_{cv-10}). Для стислості біокінематичні ланки (ВКС) називають за першими літерами латинських анатомічних назв кісток. Якщо дві ланки мають однакову назву, наприклад хребці (*vertebra*) у хребетному стовпі, то їх називають від проксимального кінця ланцюга.

Класифікацію доцільно починати з розгляду біоланок голови. Скелет голови — череп, складається з численних кісткових утворень, але значні рухи можливі тільки у скронево-нижньощелеповому суглобі.

Він утворює біокінематичну пару ВКР_{c-1}, що складається з мозкового та частини лицьового черепа (одна біоланка) і нижньої щелепи (друга біоланка). Морфологічно та функціонально біоланка голови зв'язана з хребетним стовпом (рухи голови відбуваються у зчленуваннях з хребетним стовпом, головний та спинний мозок нерозривно зв'язані у цілісну центральну нервову систему), тому часто біоланки голови не класифікують як окремий ланцюг, а розглядають як біопару

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

біокінематичного ланцюга хребетного стовпа.

Хребетний стовп являє собою складний багатоланковий ланцюг ($ВКС_{cv-1}$), утворений атланта-потиличним зчленуванням, що об'єднує ланку черепа та першого шийного хребця. Таким чином можна визначити назви усіх біокінематичних пар $ВКС_{cv}$: **С-1** – власна пара черепа; **cv-1** – пара, утворена біоланкою черепа та 1-м хребцем; **cv-2** – пара 1-го та 2-го хребців і т.д. Остання, 26-та, пара (**cv-26**) включає біоланки крижів та куприка.

Оскільки різноманітні рухи хребетного стовпа автономні, то доцільно у його загальному біокінематичному ланцюгу виділити ще три ланцюги, визначені наявністю трьох рухомих відділів – шийного, грудного та поперекового: **СVC** – біокінематичний ланцюг шийного відділу; **CVT** – біокінематичний ланцюг грудного відділу; **CVL** – біокінематичний ланцюг попереково-крижово-куприкового відділу.

Грудна клітка складається з численних кісткових утворень складної форми, що володіють різноманітними ступенями рухомості. Але й вона може бути представлена як єдиний біокінематичний ланцюг $ВКС_{th}$. Грудні хребці відносяться як до біокінематичного ланцюга хребетного стовпа, так і до біокінематичного ланцюга грудної клітки. З'єднання $ВКС_{cv}$ та $ВКС_{th}$ здійснюються у місці зчленування ребер та хребців. Тому за дійсною біомеханічною номенклатурою ці утворення позначають як з'єднання двох відносно рухомих ланцюгів, а самі зчленування для більш детального вивчення рухів розглядають окремо при спостереженнях за переміщенням ребер та груднини. По суті, такий поділ не являє собою розчленування цілісної ділянки, а тільки полегшує її вивчення за порівняно простими частинами.

Чотири нижніх вільних ребра практично можуть переміщуватися незалежно від інших біоланок грудної клітки. Цей факт, а також те, що дані ребра з хребцями з'єднані рухомо, дозволяє іноді розглядати їх як самостійні біоланки, що зв'язані лише з хребетним стовпом.

У біокінематичному ланцюгу грудної клітки є 40 основних біокінематичних пар та 4 додаткових. Оскільки кожне ребро з'єднується з грудниною своєю грудною частиною, а з хребцями – хребцевою, то воно фактично утворює дві пари (одну – з хребцем, другу – з грудниною). Зважаючи на це до назв усіх пар замість порядкових цифр додали індекси "a" (anterior – передній) та "p" (posterior – задній), "s" (sinister – лівий) та "d" (dexter – правий). Таким чином, перші чотири біокінематичні пари грудної клітки позначають відповідно **thda-1, thdp-1, thsp-1, thsa-1**; **другі** - **thsp-2, thsa-2, thdp-2, thda-2**; **треті** - **thda-3, thdp-3, thsa-3, thsp-3**; **четверті** - **thda-4, thdp-4, thsa-4, thsp-4**; **п'яті** - **thda-5, thdp-5, thsa-5, thsp-5**; **шості** - **thda-6, thdp-6, thsa-6, thsp-6**; **сьомі** - **thda-7, thdp-7, thsa-7, thsp-7**; **восьмі** - **thda-8, thdp-8, thsa-8, thsp-8**; **дев'яті** - **thda-9, thdp-9, thsa-9, thsp-9**; **десяті** - **thda-10, thdp-10, thsa-10, thsp-10**. Чотири додаткові біокінематичні пари позначають **thdp-11, thsp-11, thdp-12, thsp-12**.

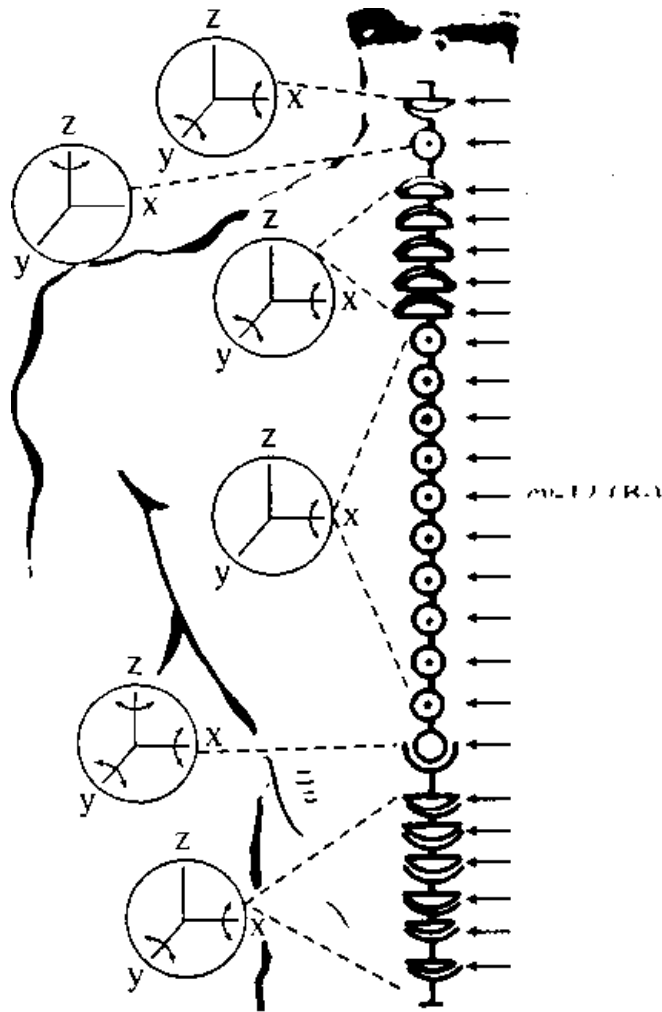


Рис. 2.3. – Біокінематичні пари хребетного стовпа

Біокінематичний ланцюг пояса верхніх кінцівок ВКС_{pms} (**ms** – *membrum superius* – верхня кінцівка) складається з чотирьох біокінематичних пар (мал.7), що рухомо з'єднують груднину, ключицю та лопатки: *cmss-1* – ліва пара (груднина та ліва ключиця); *cmss-2* – ліва пара (ліва ключиця та ліва лопатка); *cmsd-1* – права пара (права ключиця та груднина); *cmsd-2* – права пара (права ключиця та права лопатка).

Біокінематичні ланцюги правої та лівої верхніх кінцівок з'єднуються з біокінематичним ланцюгом пояса верхніх кінцівок своїми першими парами (*mss-1* та *msd-1*). Праву та ліву другі пари будуть складати плечова та ліктьова кістки, з'єднані плечоліктьовим суглобом (*mss-2* та *msd-2*).

Треті пари утворені плечовими та променевими кістками, зчленованими плечопроневими суглобами (*mss-3* та *msd-3*).

Четверті пари складаються з проксимальних кінців

променевої та ліктьової кісток, об'єднаних у променеліктьовий суглоб (*mss-4* та *msd-4*).

П'яті біокінематичні пари (*mss-5* та *msd-5*) складені дистальними кінцями ліктьової та променевої кісток у дистальному променеліктьовому суглобі.

Шоста пара утворена дистальною частиною ліктьової кістки та латеральною частиною проксимальної поверхні півмісяцевої кістки (*mss-6*). Сьома пара включає дистальну частину променевої кістки та латеральну частину півмісяцевої (*mss-7*). Восьма пара складається з дистальної частини променевої кістки та проксимальної частини човноподібної кістки (*mss-8*).

Дев'ята пара утворена горохоподібною кісткою та медіальною частиною тригранної кістки (*mss-9*). Десята пара утворена латеральною частиною тригранної кістки та медіальною частиною півмісяцевої (*mss-10*). Одинадцята пара складається з дистальної частини тригранної кістки та проксимальної частини гачкоподібної кістки (*mss-11*). Дванадцята пара утворена латеральною частиною гачкоподібної кістки та медіальною частиною головчастої кістки (*mss-12*). Тринадцята пара утворена

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

діальною поверхнею проксимальної частини головчастої кістки та дистальною частиною півмісяцевої (mss-13). Чотирнадцята пара включає латеральну поверхню дистальної частини човноподібної кістки (mss-14). П'ятнадцята пара складається з латеральної частини головчастої кістки та медіальної частини малої багатокутної кістки (mss-15). Шістнадцята пара складається з проксимальної частини малої багатокутної кістки та латеральної поверхні дистальної частини човноподібної кістки (mss-16). Сімнадцята пара утворена латеральною частиною малої багатокутної кістки та верхньою медіальною гранню великої багатокутної кістки (mss-17). Вісімнадцята пара включає проксимальну частину великої багатокутної кістки та латеральну поверхню дистальної частини човноподібної кістки (mss-18). Дев'ятнадцята пара утворена медіальною поверхнею дистальної частини гачкоподібної кістки та проксимальною частиною п'ятої п'ясткової кістки (mss-19). Двадцята пара складається з проксимальних частин п'ятої та четвертої п'ясткових кісток (mss-20). Двадцять перша пара утворена медіальною поверхнею проксимальної частини четвертої п'ясткової кістки та латеральною поверхнею дистальної частини гачкоподібної кістки (mss-21). Двадцять друга пара складається з латеральної поверхні проксимальної частини четвертої п'ясткової кістки та матеріальної частини дистальної поверхні головчастої кістки (mss-22). Двадцять третя пара включає латеральну суглобову поверхню проксимальної частини четвертої п'ясткової кістки та медіальну поверхню проксимальної частини третьої п'ясткової кістки (mss-23). Двадцять четверта пара складається з проксимальної частини третьої п'ясткової кістки та дистальної частини головчастої кістки (mss-24). Двадцять п'ята пара утворена латеральною суглобовою поверхнею третьої п'ясткової кістки та медіальною суглобовою поверхнею проксимальної частини другої п'ясткової кістки (mss-25). Двадцять шоста пара складається з латеральної поверхні дистальної частини головчастої кістки та медіальної суглобової поверхні проксимальної частини третьої п'ясткової кістки (mss-26). Двадцять сьома пара включає дистальну поверхню малої багатокутної кістки та середню ділянку проксимальної поверхні другої п'ясткової кістки (mss-27). Двадцять восьма пара утворена латеральною суглобовою поверхнею проксимальної частини другої п'ясткової кістки та дистально-медіальною поверхнею великої багатокутної кістки (mss-28). Двадцять дев'ята пара складається з проксимальної частини першої п'ясткової кістки та дистальної частини великої багатокутної кістки (mss-29). Тридцята пара складається з проксимальної частини першої фаланги п'ятого пальця та дистальної частини п'ятої п'ясткової кістки (mss-30). Тридцять перша пара утворюється проксимальною частиною першої фаланги четвертого пальця та дистальною частиною четвертої п'ясткової кістки (mss-31). Тридцять друга пара включає дистальну частину третьої п'ясткової кістки та проксимальну частину першої фаланги третього пальця (mss-32). Тридцять третя пара складається з дистальної частини другої п'ясткової кістки та проксимальної частини першої фаланги другого пальця (mss-33). Тридцять четверта пара утворена дистальною частиною першої п'ясткової кістки та проксимальною частиною першої фаланги першого пальця (mss-34). Тридцять п'ята пара утворена дистальною частиною першої фаланги п'ятого пальця та проксимальною частиною його другої фаланги (mss-35). Тридцять шоста пара включає дистальну частину першої фаланги четвертого пальця та проксимальну частину його другої фаланги (mss-36). Тридцять

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	

сьома пара складається з дистальної частини першої фаланги третього пальця та проксимальної частини його другої фаланги (mss-37). Тридцять восьма пара включає дистальну частину першої фаланги другого пальця та проксимальну частину його другої фаланги (mss-38). Тридцять дев'ята пара утворена дистальною частиною першої фаланги першого пальця та проксимальною частиною його другої фаланги (mss- 9). Сорокова пара складається з дистальної частини другої фаланги п'ятого пальця та проксимальної частини його третьої фаланги (mss- 40). Сорок перша пара складається з дистальної частини другої фаланги четвертого пальця та проксимальної частини його третьої фаланги (mss-41). Сорок друга пара включає дистальну частину другої фаланги третього пальця та проксимальну частину його третьої фаланги (mss-42). Сорок третя пара утворена дистальною частиною другої фаланги другого пальця та його третьою фалангою (mss- 43).

Обидві (права й ліва) верхні кінцівки людини мають загалом 86 біокінематичних пар, об'єднаних функціонально та морфологічно у біокінематичні ланцюги вільних верхніх кінцівок. Природно, що у процесі вивчення найрізноманітніших рухів можуть виникнути такі умови, за котрих найбільш зручно розглядати інші варіанти біокінематичних ланцюгів. Зокрема, такими ланцюгами можуть бути з'єднання пар тільки кисті, передпліччя тощо. Разом з тим запропоновані поділи кінцівок на відповідні біокінематичні пари завжди будуть основними елементами кінематичної структури усіх можливих ланцюгів та біокінематичних механізмів, утворених за участю вільних верхніх кінцівок.

Біокінематичний ланцюг поясу нижніх кінцівок – тазу (ВКС_р) складається з трьох біокінематичних пар. Перша пара (р - 1) утворена лобковими частинами правої та лівої тазових кісток, хоча тут має місце зрощення з деякою відносною рухомістю. Друга біокінематична пара тазу (р - 2) утворена крижовою частиною правої клубової кістки та крижами, третя пара (р - 3) включає крижову частину лівої клубової кістки та крижі (мал..8).

Біокінематичні ланцюги правої та лівої нижніх кінцівок ВКС_{mi} (**mi** – *membrum inferius* – нижня кінцівка) з'єднуються з ланцюгом пояса нижніх кінцівок своїми першими парами - mis-1 та mid-1.

Друга біокінематична пара ВКС_{mis-2} утворена дистальною частиною стегнової кістки та проксимальною частиною великогомілкової. Третя пара (mis -3) утворена передньою поверхнею дистальної частини стегнової кістки та задньою (проксимальною) частиною надколінної чашечки. Четверта пара (mis-4) утворена дистальною частиною задньої поверхні надколінної чашечки та поверхнею проксимальної частини великогомілкової кістки. П'ята пара (mis -5) включає медіальну поверхню проксимальної частини великогомілкової кістки та латеральну поверхню проксимальної частини малоогомілкової кістки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

Шоста пара (mis-6) включає медіальну поверхню дистальної частини великогомілкової кістки та латеральну поверхню дистальної частини малогомілкової кістки. Сьома пара (mis-7) утворена дистальною частиною великогомілкової кістки та проксимальною частиною таранної кістки. Восьма пара (mi-8) утворена медіальною поверхню дистальної частини малогомілкової кістки та латеральною поверхню проксимальної частини таранної кістки. Дев'ята пара (mis-9) утворена дистальною частиною таранної кістки та проксимальною частиною п'яткової кістки. Десята пара (mi-10) включає передню частину таранної кістки та задню частину човноподібної кістки. Одинадцята пара (mis-11) містить передню частину п'яткової кістки та задню частину кубоподібної кістки. Дванадцята пара (mis-12) утворена передньою частиною човноподібної кістки та проксимальною частиною латеральної клиноподібної кістки. Тринадцята пара (mis-13) утворена латеральною частиною клиноподібної кістки та медіальною частиною кубоподібної кістки. Чотирнадцята пара (mis-14) утворена медіальною частиною латеральної клиноподібної (першої) кістки та латеральною частиною внутрішньої клиноподібної (другої) кістки. П'ятнадцята пара (mis-15) включає дистальну (передню) поверхню човноподібної кістки та проксимальну частину внутрішньої (другої) клиноподібної кістки.

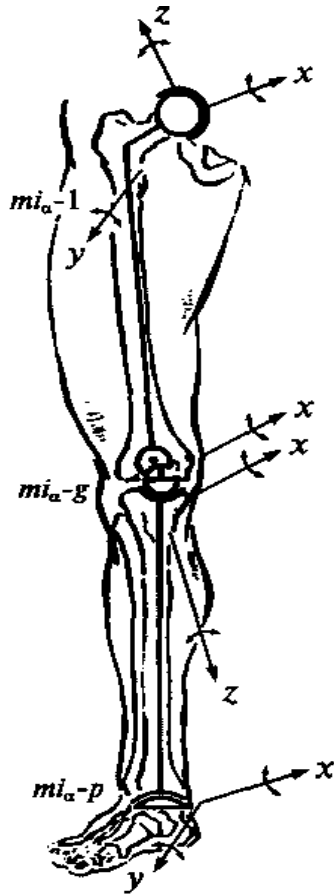


Рис. 2.4 -. Біокінематичний ланцюг нижньої кінцівки

Шістнадцята пара (mis-16) утворена медіальною частиною внутрішньої (другої) клиноподібної кістки та латеральною частиною медіальної (першої) клиноподібної кістки. Сімнадцята пара (mis-17) складається з медіальної частини дистальної поверхні човноподібної кістки та проксимальної частини медіальної (першої) клиноподібної кістки. Вісімнадцята пара (mis-18) включає латеральну поверхню дистальної частини кубоподібної кістки та проксимально-медіальну частину плеснової кістки. Дев'ятнадцята пара (mis-19) включає медіальну поверхню проксимальної частини п'ятої плеснової кістки та латеральну поверхню проксимальної частини четвертої плеснової кістки. Двадцята пара (mis-20) утворена медіальною поверхню дистальної частини кубоподібної кістки та проксимальною частиною четвертої плеснової кістки. Двадцять перша пара (mis-21) утворена медіальною поверхню проксимальної частини четвертої плеснової кістки та латеральною поверхню проксимальної частини третьої плеснової кістки. Двадцять друга пара (mis-22) утворена дистальною частиною латеральної (третьої) клиноподібної кістки та проксимальною частиною третьої плеснової кістки. Двадцять

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10-2024
	Екземпляр № 1	Арк 56

третя пара (mis-23) утворена медіальною поверхнею проксимальної частини третьої плеснової кістки та латеральною тіверхнею другої плеснової кістки. Двадцять четверта пара (mis-24) утворена дистальною частиною медіальної поверхні латеральної (третьої) клиноподібної кістки та проксимальною частиною латеральної поверхні другої плеснової кістки. Двадцять п'ята пара (mis-25) включає дистальну частину середньої (другої) клиноподібної кістки та проксимальну частину другої плеснової кістки. Двадцять шоста пара (mis-26) складається з дистальної частини латеральної поверхні медіальної (першої) клиноподібної кістки та медіальної поверхні проксимальної частини другої плеснової кістки. Двадцять сьома пара (mis-27) включає дистальну частину медіальної (першої) клиноподібної кістки та проксимальну частину першої плеснової кістки. Двадцять восьма пара (mis-28) утворена дистальною частиною п'ятої плеснової кістки та проксимальною частиною першої фаланги п'ятого пальця. Двадцять дев'ята пара (mis-29) утворена дистальною частиною четвертої плеснової кістки та проксимальною частиною першої фаланги четвертого пальця. Тридцять пара (mis-30) включає дистальну частину третьої плеснової кістки та проксимальну частину першої фаланги третього пальця. Тридцять перша пара (mis-31) складається з дистальної частини другої плеснової кістки та проксимальної частини першої фаланги другого пальця. Тридцять друга пара (mis-32) включає дистальну частину першої плеснової кістки та проксимальну частину першої фаланги першого пальця. Тридцять третя пара (mis -33) утворена дистальною частиною першої фаланги п'ятого пальця та проксимальною частиною його другої фаланги. Тридцять четверта пара (mis -34) включає дистальну частину першої фаланги четвертого пальця та проксимальну частину його другої фаланги. Тридцять п'яту пару (mis -35) складають дистальна частина першої фаланги третього пальця та проксимальна частина його другої фаланги. Тридцять шоста пара (mis -36) складається з дистальної частини першої фаланги другого пальця та проксимальної частини його другої фаланги. Тридцять сьома пара (mis -37) утворена дистальною частиною першої фаланги першого пальця та його другою фалангою. Тридцять восьма пара (mis -38) утворена дистальною частиною другої фаланги п'ятого пальця та його третьою фалангою. Тридцять дев'ята пара (mis -39) утворена дистальною частиною другої фаланги четвертого пальця та його третьою фалангою. Сорокова пара (mis -40) складається з дистальної частини другої фаланги третього пальця та його третьої фаланги. Сорок перша пара (mis -41) утворена дистальною частиною другої фаланги другого пальця та його третьою фалангою. Таким чином, враховуючи парність нижніх кінцівок, у системі їхніх біокінематичних ланцюгів можна встановити 82 пари, котрі, як і у верхніх кінцівках, можуть брати участь у найрізноманітніших механізмах та утворювати численні ланцюги.

Загальне число пар у верхніх та нижніх кінцівках не дуже відрізняється (відповідно 86 та 82), а в усьому єдиному біокінетичному ланцюгу ВКС_{shs} їх 246 (в біопарах VI класу, які утворені плоскими суглобами - **В₆**, рухів майже немає ($H = 6 - 6 = 0$); вони з'являються при наднавантаженнях, травмах, вадах і не відіграють суттєвої ролі у рухах й тому не включені до даної біомеханічної класифікації).

Для здійснення більшості довільних ізольованих рухів організм не використовує повністю свої рухові можливості. Більше того, для виконання висококоординованих фізичних вправ спортсмену необхідно подолати так звані

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.1/М/ОК10- 2024
	<i>Екземпляр № 1</i>	

надмірні ступені свободи руху тих або інших біо-ланок тіла. З цих позицій усякий біокінематичний ланцюг опорно-рухового апарату за певних кінематичних умов (коли початковий рух однієї або кількох біоланок викликає рухи інших, що однозначно визначаються) слід розглядати як специфічний локомоторний біомеханізм. Це відбувається кожний раз, коли аналітико-синтетична діяльність нервової системи спрямована на розв'язання певних рухових завдань (ходьба, біг, стрибки, удар по м'ячу у футболі, удар у боксі, складні гімнастичні комбінації тощо). На відміну від технічних, постійних механізмів, в опорно-руховому апараті можуть виникати найрізноманітніші рухові механізми з переміщеннями біоланок, що однозначно визначаються. Так, біомеханічні ланцюги верхніх кінцівок можуть бути використані людиною у локомоторних механізмах, спортивній, трудовій та військовій практиці. Будова апарату рухів та висока рухова активність людини призвели до того, що вона навчилася "створювати" зі своїх біокінематичних пар та ланцюгів величезну кількість локомоторних біомеханізмів, необхідних для життєдіяльності, праці, спорту тощо.

Аналізуючи ті чи інші рухові дії людини за біомеханічною схемою, необхідно у викладеній послідовності розглянути усі можливі якості біоланок, біопар, біоланцюгів та цілих рухових біомеханізмів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 1

Практична робота № 3. ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ АМПУТАЦІЇ КІНЦІВКИ

Мета роботи: ознайомитися з методиками та схемами визначення типових рівнів ампутації кінцівок людини.

Хід роботи:

1. Ознайомитися з основними поняття ампутації та її видами.
2. Вивчити правила визначення рівня ампутації.
3. Вивчити типові рівні ампутації.
4. Зробити висновки по роботі.

Термін “ампутація” означає відсічення кінцівки на довжині кістки з метою видалення її нежиттєздатної частини. Аналогічним оперативним втручанням за своїм значенням є і екзартикуляція, однак при такій операції видалення нежиттєздатної кінцівки проводиться по лінії суглоба. Тому ампутація або екзартикуляція передбачає видалення частини або всієї пошкодженої кінцівки заради врятування життя хворого.

Показаннями до ампутацій прийнято вважати: а) відрив кінцівки; б) відкрите пошкодження кінцівки з роздробленням кісток, розрив магістральних кровоносних судин і нервових стовбурів; в) наявність тяжкої інфекції кінцівок, що загрожує життю хворого; г) гангрена кінцівок різного походження; д) злоякісні пухлини; е) непоправні деформації кінцівок (травматичні, вроджені).

Види ампутації

За часом виконання ампутацій розрізняють:

- первинні,
- вторинні,
- пізні і повторні або реампутації.

Первинні ампутації проводяться як первинна хірургічна обробка рани, при якій видаляють явно нежиттєздатні тканини, тобто нежиттєздатну частину кінцівки. Такі ампутації виконуються зразу після прийняття хворого в лікарню або протягом 24 годин після травми, тобто до розвитку вираженого запального процесу в межах пошкодження.

Вторинні ампутації роблять при ускладненні ранового процесу, що загрожує життю хворого протягом 6-8 днів. Підставою для радикального методу є велике інфікування, що приводить до відмирання і розкладання тканин. Запальні процеси, які неможливо усунути, зберігши кінцівку, можуть бути викликані обмороженням, опіком, тривалим здавленням судин, а також ранової інфекцією

Пізні ампутації проводяться при тяжких остеомієлітах, що не піддаються лікуванню і загрожують амліодозом паренхіматозних органів, а також при множинних анкілозах, хибному положенні кінцівки, що робить її неповноцінною або навіть патологічною.

Реампутація – повторна ампутація – виконується при наявності хибної кукси, не придатної для протезування
За терміновістю можуть бути екстреними як перша хірургічна допомога і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 2

терміновими, коли є загроза життю пацієнта, наприклад, гангрена або плановими або повторними, під час якої коригують куксу, усувають уражені ділянки).

За показаннями ампутацію бувають абсолютні і відносні.

За формою розсічення м'яких тканин – кругова, клаптева.

Саме останній параметр визначає техніку проведення операції.

Є одним з найбільш важливих питань операції, оскільки це пов'язано з функціональними якість кукси кінцівки і можливостями для протезування.

До кінця 15 століття питання про рівень ампутації не стояв, тому що в ті часи хірурги обмежували кінцівки в межах некротичних тканин (на кордоні некрозу). Як відомо короткі кукси в результаті високих ампутацій незручні для протезування. З огляду на це, хірург Н.І. Пірогов сформував положення про рівень ампутації: "Треба оперувати так низько, як можливо".

Під час першого світової війни для забезпечення великої кількості інвалідів протезами була висунута ідея стандартизації протезів і рівнів ампутації.

Така постановка питання дозволяла завчасно заготовляти напівфабрикати протезів. А хірурги при цьому повинні були обмежувати кінцівку в строго визначеному місці, часто без урахування особливостей характеру поранення.

Були розроблені так звані ампутаційні схеми, автори яких для полегшення протезування рекомендували проводити усікання кожного сегмента кінцівки на тому рівні, який на їхню думку був оптимальним. Кукси після ампутації на цих рівнях були оголошені цінними, їм приписувалися ідеальні функціональні якості і відповідно цим стандартним рівням ампутації заготовлялися заздалегідь протези. Кукси після ампутації на інших рівнях вважалися непридатними до протезування.

З розвитком вчення про ампутаційних схемах протезна техніка спеціалізувалася на виготовленні тільки типових стандартних протезів, що значно загальмувало вдосконалення техніки протезування. Більш-менш досконалі протези виготовлялися тільки для вищих офіцерів і заможних панів. Для солдатів робилися спрощені протези типу відомої вам колоди.

В даний час більшість хірургів в усьому світі визнають, що при встановленні рівня ампутації керуватися ампутаційними схемами недоцільно, тому що по-перше, при цьому найчастіше видаляється значно більша частина кінцівки, ніж цього вимагають свідчення і характер рани;

по-друге, порівняно висока ампутація може закінчиться розвитком порочної кукси в результаті чого виникає необхідність реампутації, виконати яку потрібно вже тільки на значно ще більш високому рівні.

Отже, ампутаційні схеми не передбачають резервної відстані кінцівки для виконання реампутації. Таким чином рівень ампутації повинен бути таким який найбільш вигідний для пораненого, для подальшого протезування кукси.

Фактори, які визначають рівень ампутації ноги, індивідуальні. На вибір впливає характер ішемії тканин (гостра, хронічна, прогресуюча), наявність трофічної виразки, гангрена, вираженість інфекційного процесу, ступінь артеріальної недостатності, вік, ступінь цукрового діабету, наявність інтоксикації. Якщо проблема полягає тільки в суглобі, вирішити її допоможе ендопротезування з обов'язковою реабілітацією.

Етапи ампутації

Загальним принципом ампутацій і екзаркуляцій є те, що всі вони без винятку

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 3

проводяться у три етапи:

I етап – розсічення м'яких тканин

II етап – обробка окістя і перепилування кістки

III етап – Обробка рани і формування кукси туалет кукси

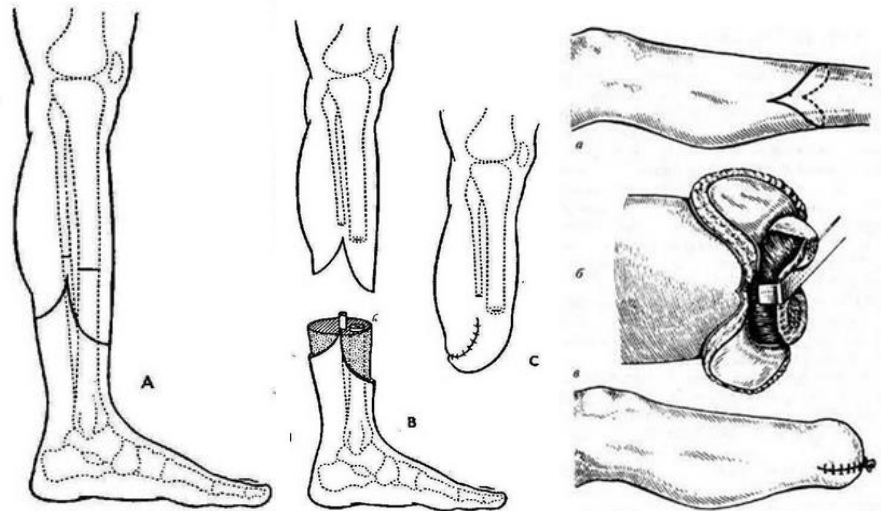
За способом розсічення м'яких тканин ампутації діляться на клаптеві і кругові.

Клаптева ампутація

Способи цієї техніки поділяють на одно – і двоклаптеві. Суть операції полягає в тому, щоб крім видалення кінцівки накрити площа кукси клаптями здорової шкіри. Якщо вони містять фасцію – сполучну оболонку під підшкірної клітковиною, ампутація вважається фасциопластичною. Це забезпечить хорошу рухливість рубця і максимально ефективну роботу м'язів, координацію рухів.

При цьому рубець вже не формується на опорній поверхні, шкіра може витримувати великі навантаження, а хірург отримує можливість змодельовати правильну форму кукси. Якщо кінцівку видалена на рівні суглоба, коли кістки вичленяються і розсікаються тільки м'які тканини, операцію називають екзартикуляцією.

Лінії ампутації нижніх кінцівок можуть бути такими: вище коліна, до таза (гемипельвектомія означає видалення не третини кінцівки, а всієї ноги з частиною таза), видалення, екзартикуляція стегна, стопи, гомілки, як правило, на рівні середньої третини, стопи.



Одноклаптева ампутація

Двоклаптева ампутація

Рисунок 3.1 – Одноклаптева та двоклаптева ампутації

При одно-та двоклаптевих ампутаціях дуже важливо розрахувати довжину викрою клаптя. Для розрахунку користуються відомою формулою визначення довжини окружності $C = 2\pi R$, де C – довжина кола; π – постійна величина, що дорівнює 3,14; R – радіус кола.

При одноклаптевій ампутації довжина клаптя повинна дорівнювати діаметру усіченої кінцівки (двом радіусам), обчислити який можна формулою – $R = C/2\pi$. Окружність вимірюється за допомогою сантиметрової стрічки. Розділивши отриману

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 4

величину на C отримаємо довжину радіусу кінцівки. Діаметр кінцівки дорівнює двом її радіусам або ж $1/3$ довжини окружності. Ширина клаптя рівна діаметру кінцівки.

Практично вимірявши довжину окружності кінцівки і розділивши цю цифру на три ми одержимо довжину клаптя при одноклаптеневій ампутації.

При двоклаптеневій ампутації сума довжини обох клаптів повинна дорівнювати діаметру усіченої кінцівки. Причому довгий клапоть становить $2/3$, короткий $1/3$.

Крім того, потрібно враховувати скоротність шкіри. До вказаної довжини клаптів необхідно додавати кілька сантиметрів з урахуванням коефіцієнта скоротливості шкіри.

Коефіцієнт скоротливості шкіри $K = 1/6C$ або $K = C/6$. Цю величину ділять на два.

Кругова ампутація

Кінцівку вище коліна або на більш низькому рівні в районі гомілки можуть видалити круговим способом, коли розсічення м'яких тканин проводиться в площині, перпендикулярній подовжній осі ноги. Він може бути одне-, дво-, тримоментним (в залежності від схеми рухів хірурга). Сюди відносять і гільотинну ампутацію, при якій хірург розсікає всі тканини одним циркулярним рухом і на цьому ж рівні перепилює кістка.

Головний недолік останньої технології – формування конічної кукси, невідповідною для протезування, повторна операція обов'язкова. Кругова ампутація використовується не тільки для нижніх кінцівок, але і плеча, стегна на рівні середньої третини. Її головні переваги: технічна простота, швидкість виконання. Але недоліки значно вище, зокрема, це формування рубця на опорній поверхні кукси. Крім цього, для її створення необхідний більш високий рівень вирізати кістки.

Кругові ампутації полягають в тому, що м'які тканини розсікаються рухом ампутаційних ножа під прямим кутом до довгої осі кістки.

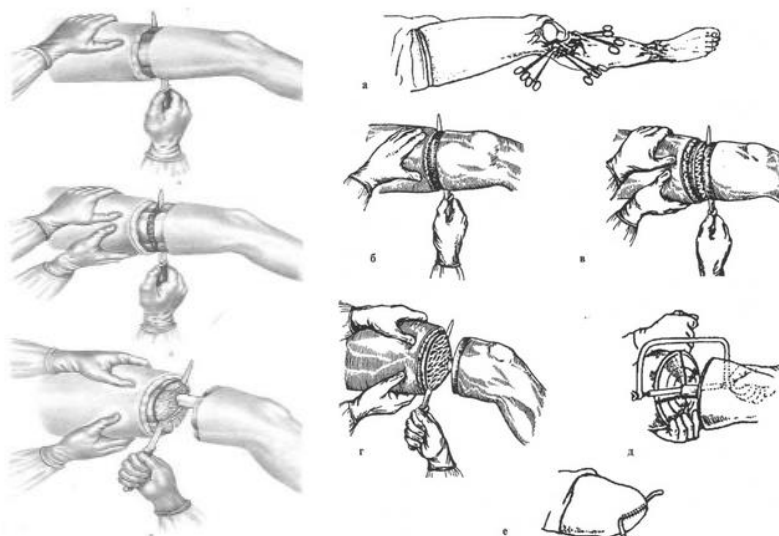


Рисунок 3.2 – Кругова тримоментна ампутація

У залежності від того на яку глибину і в скільки прийомів розсікаються м'які тканини їх поділяють на:

1. одномоментні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 5

2. двомоментні

3. тримоментні

Одномоментні ампутації.

Інакше їх називають гільйотинними. Всі м'які тканини, а саме, шкіра, підшкірна клітковина, поверхнева фасція, власна фасція і м'язи до кістки розсікаються одним круговим рухом ножа. І на цьому ж рівні без врахування ретракції перепилує кістку.

Переваги:

цього способу полягає в тому, що він простий і швидкий може застосовується в умовах масового надходження поранених з важкими вогнепальними травмами і анаеробної інфекцією.

Недоліки:

Всі гільйотинні ампутації вимагають реампутації, тому що при їх виконанні утворюється порочна конічної форми кукса непридатна до протезування.

Така гільйотинні ампутація вважається попередньою і вимагає реампутації.

Двомоментні ампутації.

М'які тканини розсікаються в два прийоми. Першим прийомом розсікають шкіру, підшкірну клітковину, поверхневу і власну фасцію. Потім шкіра зволікається до проксимальному кінця кінцівки. Другим прийомом м'язи розсікаються по краю відтягнутою шкіри.

Різновид двомоментної ампутації є ампутація передпліччя за способом з манжеткою. Першим прийомом при цьому способі розтинають шкіра, підшкірна клітковина, поверхнева і власна фасція. Потім всі ці шари отпрепаровують і загортають як манжет рукава в проксимальному напрямку кінцівки. Довжина манжетки розраховується аналогічно двомоментному способу.

Другим прийомом м'язи розсікаються на рівні відвернутої манжетки до кістки.

Недоліком цього методу є те, що з боків кукси залишається надлишок шкіри, так звані "вушка", які необхідно сікти.

Недоліком двомоментної ампутації є формування шкірного рубця на опорній або робочій поверхні кукси.

Ампутація за способом манжетки формує шкірний рубець на бічній поверхні кукси.

Тримоментна ампутація

Звичайно здійснюється на стегні або плечі, тобто там де є одна кістка. При цьому способі ампутаційних ніж розсікає м'які тканини в три прийоми, причому всі три на різних рівнях.

Першим прийомом розтинають шкіра, підшкірна клітковина, поверхнева і власна фасція.

Другим прийомом за рівнем скорочення шкіри розсікаються поверхневі м'язи.

Третім прийомом розсікаються глибокі м'язи по краю відтягнутою в проксимальному напрямку шкіри.

Тримоментна ампутація інакше називається конусно-круговою, оскільки м'які тканини розсікаються круговим способом. У результаті ж того, що розсікали вони на різних рівнях кукса має вигляд втягнутого конуса, вершина якого знаходиться на опилі кістки.

Перевага конусно-кругової ампутації технічно легко здійсненні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 6

Недоліками конусно-кругової ампутації є те, що вони мало економні. Клаптеві ампутації дозволяють використовувати тканини більш вигідно і добре протезують. Але клаптеві ампутації в свою чергу більш технічно складно здійсненні.

Іншим недоліком кругових ампутацій є те, що після них утворюються великі центральні рубці, захоплюючи весь поперечник кукси, причому розташовуються вони на опорній поверхні кукси, тому не протезують.

Конусно-кругові ампутації показані переважно за наявності газової інфекції або при масовому надходженні поранених, оскільки техніка виконання кругових ампутацій проста і не займає багато часу.

Таким чином гільйотинні ампутації (одномоментні) і конусно-кругові ампутації (3х моментні) вважаються попередніми ампутацій тобто вони вимагають реампутації для протезування.

II етап ампутації. Обробка окістя і перепилювання кістки.

В даний час застосовується два способи обробки окістя.

А) аперіостальний

Б) субперіостальний

Аперіостальний спосіб запропонований в 1901р. Бунге. Полягає в тому, що окістя перетинається на рівні передбачуваного опи́ла кістки циркулярним розрізом.

Потім від місця розтину окістя распатором Фарабефа зміщується дистально. Оголена кістка перепилює на 2 мм нижче місця розтину окістя.

Навіщо потрібно відступати на 2 мм? Щоб не пошкодити окістя на залишається частини кістки, тому що її пошкодження може привести до розростання остеофітів та утворення порочної кукси.

Кістковий мозок вичерпувати з кісткового каналу, як це робилося раніше, не рекомендується, тому що можуть також утворюватися остеофіти або розвинути некроз або остеомієліт кістки.

Не можна залишати велику ділянку кістки більше 2 мм позбавлений окістя з огляду на те, що може розвинути кінцевий некроз ділянки кістки.

Субперіостальний спосіб обробки окістя і перепилювання кістки запропонував Вольтер в 1910 р.

Окістя при цьому способі розтинають нижче передбачуваного рівня перепилювання кістки на відстані рівному радіусу кістки + 2 мм і відшаровується в проксимальному напрямку.

Після перепилювання кістки окістя зашивається над її опи́лом.

Технічно зняти окістя не пошкодивши її дуже важко, а пошкодження можуть привести до утворення остеофітов.

Субперіостальний спосіб обробки окістя технічно виконати складно, тому що окістя щільно з'єднана з кісткою а у старих людей до того ж зростається з кісткою. У дітей окістя пухко з'єднана з кісткою. Тому у дітей обробка окістя повинна виробляється тільки субперіостальний способом, у людей похилого віку аперіостальним способом. В даний час хірург повинен проводити обробку окістя субперіостальний способом, таким чином, щоб краї кісткового опи́ла прикривалися окістям. Тому в даний час цей спосіб застосовується рідко, переважно в дитячому віці.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 7

III етап ампутації Формування (туалет) кукси

У поняття туалет кукси входить обробка судин, нервів і зашивання м'яких тканин.

Обробка судин

обробка судин дуже відповідальний момент. Магістральний посудину потрібно захопити кровоспинну зажимом, зняти з нього всі м'які тканини і перев'язати двома кетгутовими лігатурами. Дрібні судини захоплюються затискачами і перев'язуються після зняття джгута, у міру появи з них кровотечі.

При туалеті кукси необхідно ретельно здійснювати гемостаз для попередження вторинної інфекції оскільки кров є гарним живильним середовищем.

Обробка нервів

Обробка нервів проводиться з метою запобігання вrostання регенеруючих нервових волокон у рубець, попередження утворення неврів і появ фантомних болів (примарних болів неіснуючої кінцівки).

Існує безліч способів обробки нерва

А. – підшивання пересеченого нерва в бік того ж нерва під епіневрій

Б. – кутове висічення кінця нерва з наступним зшиванням епіневрія, що б не дати можливості аксонах рости

В. – зшивання кінців пересічених нервів

В даний час кращим способом обробки нерва вважається усікання його (реампутація нерва) гострим лезом бритви. На 3 см вище рівня ампутації для верхньої кінцівки і на 4-5 см нижньої кінцівки.

Перш ніж перетнути нерв його необхідно виділити тупо розсовуючи м'які тканини.

Нерв витягати ні в якому разі не можна, тому що це може призвести до розриву аксонів і освіти неврит. У товщі кожного нерва проходять судини, в тому числі вени. Пошкодження судин при витягуванні нерва може призвести до утворення гематом в товщі нерва, які потім заміщаються рубцюватою тканиною і може наступити фізіологічний перерву нерва.

Після того як нерв виділена під епіневрій вводиться 2% розчин новокаїну, а потім нерв перетинається. Перетинати потрібно все стовбури нервів, у тому числі і шкірні.

Не слід перетинати нерви більше, ніж необхідно, оскільки може розвинути атрофія тканин кукси.

Зашивання кукси.

Зашиваються тільки шкіра з підшкірною клітковиною, поверхневої фасцією, а також власна фасція. М'язи над опил кістки не зашиваються, вони самостійно знаходять нові точки прикріплення, зростаючись з кісткою.

Рубець після операції повинен бути рухомим, не спаяний з кісткою.

На нижньої кінцівки кістковий опил кукси не приховують м'язами, тому що інакше при опорної функції вони стискаються і атрофуються.

На верхньої кінцівки використовують фасція-міопластическій спосіб укриття кукси. Для цього зшивають сухожилля м'язів антогоністів один з одним. Цей оперативний прийом називається міодез. Завдяки міодеза добре зберігаються функції

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 8

м'язів і не відбувається відхилення кукси.

Реампутації

Метою реампутації є усунути наявні вади розвитку кукси і створити гарну опорну куксу, придатну до протезування.

Пороки розвитку кукси

можуть розвиватися в слідстві різних причин:

1. в результаті технічних погрішностей операції
2. в результаті розвитку вторинної інфекції в культі
3. в результаті трофічних порушень

Розрізняють такі види розвитку кукси:

1. Конічна – кукса виникає в результаті нестачі м'яких тканин, що може з'явитися наслідком технічних погрішностей на першому її етапі операції (наприклад, гільйотина ампутація – одномоментне розсічення всіх м'яких тканин з подальшим перепилюванням кістки; Або не правильно розрахована довжина клаптів при клаптевих ампутаціях).

2. Булавоподібні кукса – характеризується надлишком м'яких тканин, а також неправильно розрахованою довгі клаптя або рівня ампутації при кругових ампутаціях.

3. Кінцевий некроз кістки – настає в результаті надмірного видалення окістя більше 2 мм з залишається ділянки кістки. (Це технічна похибка 2го етапу операції).

4. Розростання великих остеофітів – настає в результаті пошкодження окістя на залишається частини кістки при її перепилювання або після вичерпування кісткового мозку (технічна похибка 2го етапу операції ампутації)

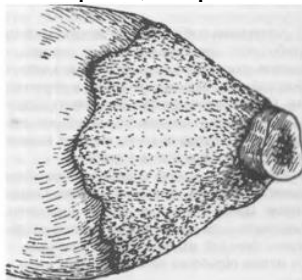
5. Формування трофічних виразок. Трофічні виразки виникають на ґрунті:

А) неправильного визначення рівня ампутації

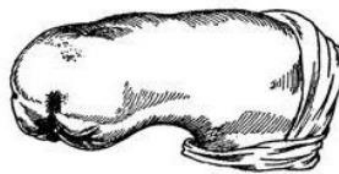
Б) висока перев'язка артерій і усікання нервів

6. Вростання нерва в рубець створює хворим фантомні болі (технічні похибки III етапу ампутації в результаті неправильної обробки нервів).

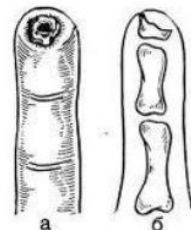
7. Хронічний остеомиєліт кістки кукси кінцівки, розвивається на ґрунті вторинної інфекції в рані.



Конічна



Булавоподібна



Остеомієліт кістки кукси

Рисунок 3.3 – Неправильні кукси

Пороки розвитку кукси вимагають відповідної корекції, тобто виконання

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __/9

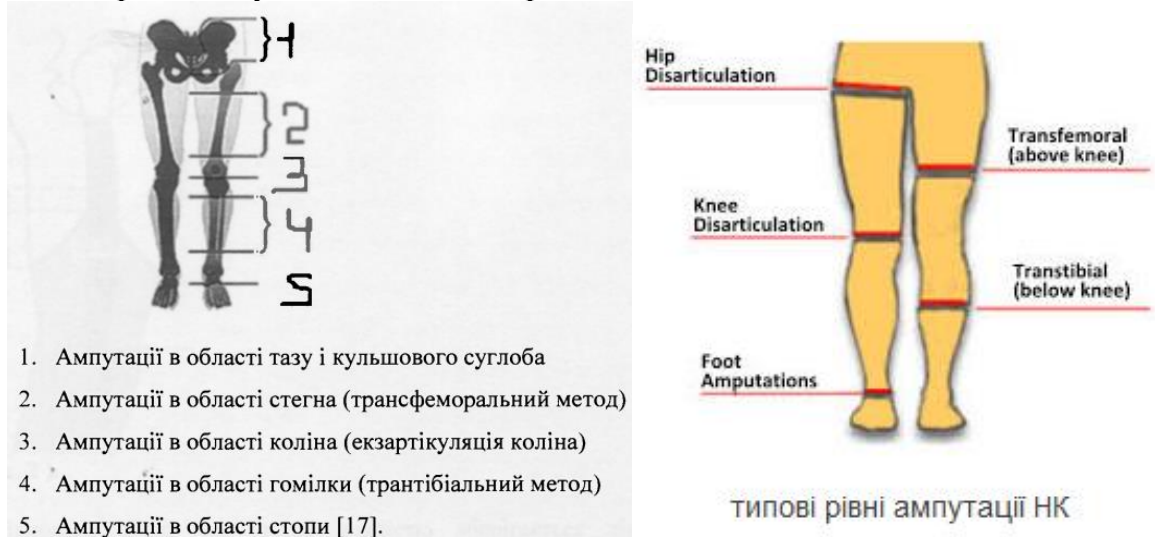
реампутації.

Обсяг реампутації повинен бути мінімальним, у той же час він повинен забезпечити відновлення функції кукси.

Булавоподібні кукси січуться. Трофічні виразки січуться, на їх місце переміщуються або пересідають здорова шкіра.

При необхідності проведення реампутації вище рівня ампутації, операція повинна бути вкрай економною, зберігати потрібно кожен сантиметр кінцівки.

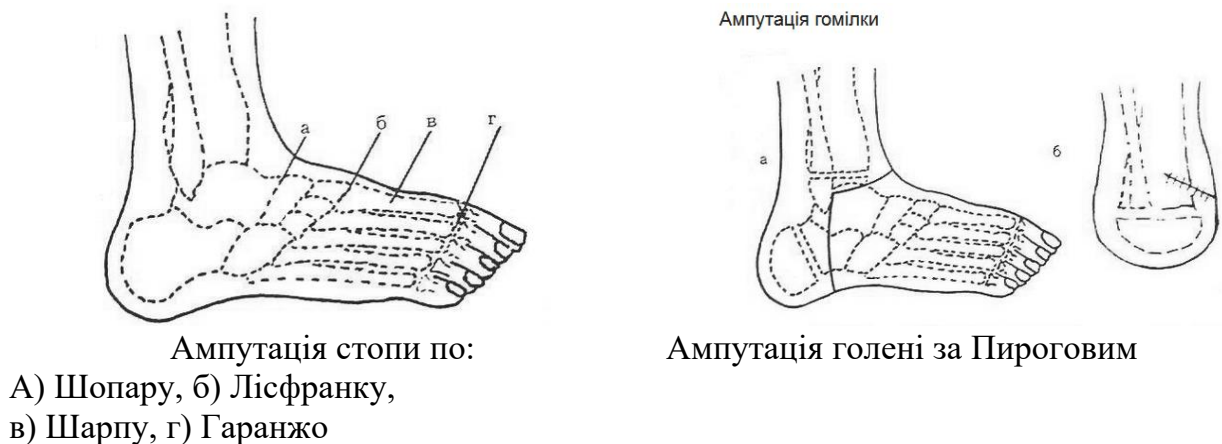
Типові рівні ампутації наведені на рис.



1. Ампутації в області тазу і кульшового суглоба
2. Ампутації в області стегна (трансфеморальний метод)
3. Ампутації в області коліна (екзартикуляція коліна)
4. Ампутації в області гомілки (трантібіальний метод)
5. Ампутації в області стопи [17].

Рисунок 3.4 – Рівні ампутацій нижньої кінцівки

Рівні ампутацій та екзартикуляцій кінцівки, а – нижня кінцівка: 1 – екзартикуляція в тазовому суглобі, 2 – надколінні ампутації бедра, 3 – екзартикуляції, 4 – висока ампутація голени, 5 – підколінні ампутації голени, 6 – ампутація Пирогова; б – верхня кінцівка: 1 – екзартикуляція в плечовому суглобі, 2 – надлоктьові ампутації плеча, 3 – екзартикуляції, 4 – підлоктьові ампутації передпліччя, 5 – екзартикуляції.

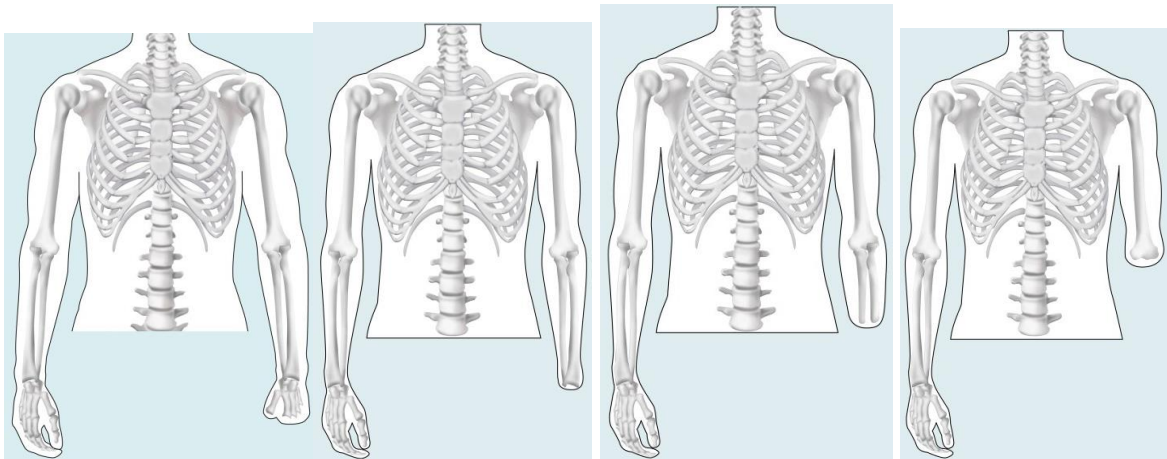


Ампутація стопи по:

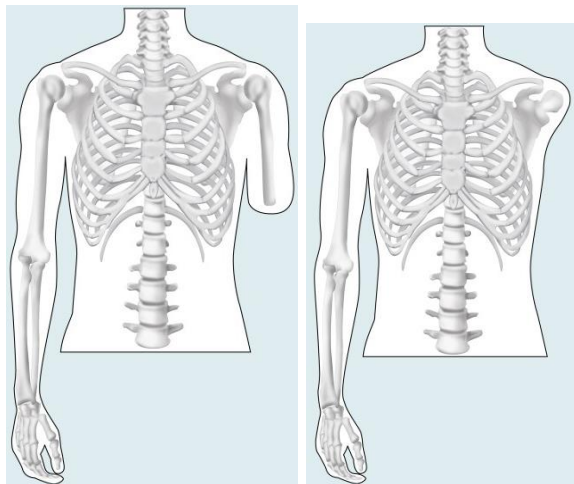
- А) Шопару,
- б) Лісфранку,
- в) Шарпу,
- г) Гаранжо

Ампутація голени за Пироговим

Рисунок 3.5 – Рівні ампутацій стопи та голени



рівень долоні, зап'ястя, передпліччя, вичленення ліктювого сугаву,



Рівень плеча, вичленення плечового сугаву

Рисунок 3.6 – Рівні ампутацій верхньої кінцівки

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 11

Практична робота № 4

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПРОТЕЗУ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

Мета роботи: Ознайомитися з методикою створення гіпса-негатива та гіпса-позитива протезу нижньої кінцівки.

Перед виконанням роботи необхідно ретельно вивчити конспект лекції по даній тематиці.

Хід роботи:

1. Всі етапи створення протезу нижньої кінцівки студенти пізнають під час екскурсії на протезний завод м. Житомир.
2. Записати матеріали необхідні для створення протезу кінцівки. Записати всі етапи створення протезу: зняття мірок, створення гіпсів-позитивів та гіпсів-негативів, вилиття гільзи протезу, примірку та підгонку.
3. Оформити звіт по роботі.
4. Відповісти на контрольні питання.

Контрольні питання:

1. Які технології створення протезів ви знаєте?
2. Яку технологію створення протезу НК використовує діюче підприємство м. Житомир?
3. Які вимоги до гільзи протезу?
4. З яких складових частин складається протез нижньої кінцівки?
5. Які рівні ампутації нижньої кінцівки ви знаєте?
6. В чому проблема подальшого навчання ходьбі на протезі?
7. Чим відрізняється оболонковий протез від каркасного?
8. Які матеріали використовують для створення протезів НК?
9. Що таке техніка литьової смоли у процесі створення протезу НК?
10. Які види кріплення протезів НК ви знаєте?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 12

Практична робота № 5

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПРОТЕЗУ ВЕРХНЬОЇ КІНЦІВКИ

Мета роботи: Ознайомитися з методикою створення гіпса-негатива та гіпса-позитива протезу верхньої кінцівки.

Перед виконання роботи необхідно ретельно вивчити конспект лекції по даній тематиці.

Хід роботи:

1. Всі етапи створення протезу нижньої кінцівки студенти пізнають під час екскурсії на протезний завод м. Житомир.
2. Записати матеріали необхідні для створення протезу кінцівки. Записати всі етапи створення протезу: зняття мірок, створення гіпсів-позитивів та гіпсів-негативів, вилиття гільзи протезу, примірку та підгонку.
3. Оформити звіт по роботі.
4. Відповісти на контрольні питання.

Контрольні питання:

1. Які технології створення протезів ви знаєте?
2. Яку технологію створення протезу НК використовує діюче підприємство м. Житомир?
3. Які вимоги до гільзи протезу?
4. З яких складових частин складається протез верхньої кінцівки?
5. Які рівні ампутації верхньої кінцівки ви знаєте?
6. В чому проблема подальшого навчання керування протезом ВК?
7. Які види протезів ВК ви знаєте?
8. У чому відмінність робочого протезу від функціонального?
9. Які функції виконує косметичний протез?
10. Як проводиться зняття мірок?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 13

Практична робота № 6

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ЕНДОПРОТЕЗУ

Мета роботи: навчитися використовувати та створювати ендопротези суглобів. Отримати навички заміни суглобу на ендопротез. Вивчити всі етапи роботи та необхідні матеріали.

Матеріали та обладнання: проектор, персональний компютер.

Перед виконання роботи необхідно ретельно вивчити конспект лекції по даній тематиці.

Хід роботи:

1. Ознайомитися з відео (переглянути на проекторі завантажене викладачем відео) по технології створення ендопротезу.
2. Записати всі матеріали необхідні для створення ендопротезу та проведення процедури заміни суглобу на п ендопротез.
3. Записати всю послідовність імплантації ендопротезу суглобу людини.
4. Запустити на ПК програму-симулятор по ендопротезуванню. Виконати всі необхідні пункти, та записати відгук віртуального протезиста про вашу роботу. Відповісти на всі питання задані програмою.
5. Оформити звіт по роботі.
6. Відповісти на контрольні питання.

Контрольні питання:

1. Що таке ендопротез?
2. Які матеріали використовують і в якій пропорції для створення ендопротезів?
3. Які види ендопротезів ви знаєте?
4. Що таке штирьовий ендопротез?
5. Що таке ендопротез салазкового типу?
6. Які суглоби замінюють ендопротезом?
7. Що є показанням для ендопротезування?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 14

Практична робота № 7

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПРОТЕЗУ ОКА, ПРОТЕЗІВ ЗУБІВ

Мета роботи: ознайомитися з технологіями створення протезів очей та зубів, виявити всі етапи створення, необхідні матеріали, процеси зняття мірок та кінцевого встановлення протезів..

Матеріали та обладнання: проектор, персональний компютер.

Перед виконання роботи необхідно ретельно вивчити конспект лекції по даній тематиці.

Хід роботи:

7. Ознайомитися з відео (переглянути на проекторі завантажене викладачем відео) по технології створення протезів ока, протезів зубів.
8. Записати всі матеріали необхідні для створення даних видів протезів.
9. Записати всю послідовність імплантації протезів ока та зубів.
10. Оформити звіт по роботі.
11. Відповісти на контрольні питання.

Контрольні питання:

1. Коли показано протезування очей?
2. Які матеріали використовують для створення протезів очей?
3. Які види протезів очей ви знаєте?
4. Які матеріали використовують для створення протезів зубів ?
5. Як відбувається зняття гіпсу негативу протезу зуба?
6. Як виливається кінцевий протез щелепи?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 15

Практична робота №8

ОСНОВИ РОБОТИ З 3Д СКАНЕРОМ

Мета роботи: ознайомитися з видами та технологіями 3Д сканування, застосуванням 3Д сканера для побудови протеза. Навчитися знімати мірки та реконструювати об'єкт кінцівки

Матеріали та обладнання: 3Д-сканер , персональний компютер.

Хід роботи:

1. Ознайомитися з технічною документацією на 3Д сканер.
2. Навчитися працювати в програмі.
3. Зробити сканування кінцівки та побудувати 3Д модель.

3D-сканування є одним із способів побудови 3D-моделі. Нагадаємо, що 3D-модель можна побудувати і без використання 3D-сканера – професійною програмою по роботі з тривимірною графікою. Але 3D-сканер значно полегшує і прискорює цей процес.

3D лазерні сканери – це пристрої, які проводять аналіз фізичного об'єкту, і, на основі отриманих даних, створюють 3D-модель. Тривимірне зображення 3D-сканер зберігає переважно у форматах STL, OBJ, PLY і WRL.

За допомогою 3D-сканера можна швидко і якісно відтворити максимально точну модель об'єкту. Робота 3D-сканера має проходити під контролем досвідченого інженера. Результат сканування доопрацьовується в професійному графічному редакторі для тривимірної графіки. Надалі, за необхідності, можна провести 3D-друк об'єкту, на основі побудованої 3D-моделі.

Методи тривимірного сканування:

- **контактний 3D-сканер.** Для сканування пристрою потрібно перебувати в безпосередньому контакті з об'єктом сканування. Пристрій зондує предмет за допомогою фізичного контакту, поки об'єкт знаходиться на прецизійної повірочної плиті. Контактний 3D сканер відрізняється надточністю роботи. Правда, при скануванні можна пошкодити або змінити форму об'єкта.;

- **безконтактний 3D-сканер.** Отримання 3D-моделі з його допомогою вважається найбільш перспективним методом 3D-сканування. 3D-сканеру необов'язково контактувати з об'єктом, що дозволяє проводити 3D-сканування для важкодоступних об'єктів, пам'яток культури та архітектури, а також ювелірних виробів. Застосовується випромінювання або особливі хвилі (ультразвук, рентгенівські промені).

- **Активні безконтактні 3D-сканери** (для вивчення об'єкту використовують структурований світловий або лазерний промінь, який,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 16

потрапляючи на об'єкт, відбивається і на основі цього відображення 3D-сканер будує 3D-модель);

- **Пасивні безконтактні 3D-сканери** (даний вид використовує вже існуюче відбиття від об'єкта, в основному – сонячне світло).

Технології тривимірного сканування:

1. Лазерна. Функціонування пристроїв ґрунтується на принципі роботи лазерних далекомірів. Лазерні сканери 3D характеризуються точністю одержуваної тривимірної моделі. Правда, їх застосування важко застосовувати в умовах рухливості об'єкта. Це більше 3D сканер для приміщення. Сканування людини 3D сканером лазерного типу практично неможливо.

2. Оптична. В даному випадку застосовується спеціальний лазер другого класу безпеки. Оптичний 3D сканер відрізняється великою швидкістю сканування. Його використання виключає будь-яке спотворення, навіть якщо об'єкт буде рухатися. Також немає необхідності в нанесенні відображаючих міток. Правда, такі пристрої не підходять для дослідження дзеркальних, прозорих або блискучих виробів. Зате це відмінний варіант 3D сканера людини.

Принцип роботи 3D-сканера

Робота 3D-сканера базується на принципі стереозору. Сканер, як і людське око, здатний визначити відстань до об'єкту і його розміри. Як у людини два ока, так і в 3D-сканера – дві камери. Після отримання необхідної інформації, 3D-сканер будує 3D-модель об'єкту. Для уникнення неточностей, 3D-сканер обладнаний підсвічуваннями для кожної з камер.

Принцип роботи 3D сканера визначається технологією сканування. За допомогою підсвічування і вбудованих камер апарат вимірює відстань до об'єкта з різних ракурсів.

Потім зіставляються картинки, що передаються камерами. Після ретельного аналізу всіх отриманих даних, на екрані відображається готова цифрова тривимірна модель.

Якщо пристрій 3D сканера заснований на роботі лазерного променя, то з його допомогою вимірюються відстані в заданих точках. На основі цих відомостей виводяться координати.

Особливу увагу хотілося б приділити ультразвуковому 3D сканеру. Він є справжньою знахідкою для сучасної медицини. Дані агрегати характеризуються високою роздільною здатністю, тому популярні в мамології, акушерстві, урології, дослідженні судин і м'язових тканин, ехокардіографії, неонатології, педіатрії, стоматології.

Принципи роботи пристроїв також відрізняються. Існують стаціонарні або переносні 3D сканери. Як сенсор в другому випадку використовується координатно-чутливий детектор або апарат з зарядним зв'язком. Даний агрегат надзвичайно зручний тим, що його можна вільно переміщувати. Портативний 3D сканер ідеально підходить для сканування важкодоступних місць або

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 17

великогабаритних об'єктів. Вимірювання можна проводити під будь-якими кутами, навколо або під досліджуваними предметами.

Пристрої використовуються спільно з різним обладнанням. Це може бути не тільки 3D сканер для 3D принтера, але і 3D сканер для iPad. Сучасні виробники подібних агрегатів випускають мобільні пристрої, які працюють не тільки зі стаціонарними комп'ютерами, але і з планшетами або навіть смартфонами. Крім цього існують спеціальні програми, за допомогою яких звичайні телефони перетворюються в сканери. Наприклад, можна знайти 3D сканер для андроїд. Він допоможе конструювати унікальні деталі, проводити швидке прототипування і оцифровку об'єктів.

Переваги 3D-сканера

Для початку визначимо загальні переваги 3D-сканерів:

1. Максимально висока точність моделі – 3D-сканер відтворює навіть незначні, дрібні, деталі фізичного об'єкту;
2. Висока швидкість роботи – об'ємне сканування триває всього кілька хвилин, а іноді і секунд, після чого необхідна доробка побудованої сканером 3D-моделі в професійних програмах для роботи з 3D-графікою;
3. Сканер можна розмістити під різними кутами, в залежності від складності об'єкту, а сам об'єкт можна не чіпати, що особливо важливо під час сканування великих і величезних об'єктів (наприклад, будинки, пам'ятники і ландшафти).

Контактні 3D-сканери:

- прості у використанні;
- не залежать від рівня освітлення;
- створюють моделі високої точності;
- файл 3D-моделі невеликий за обсягом.

Безконтактні 3D-сканери:

- енергоекономичні;
- не потребують безпосереднього контакту з об'єктом;
- застосовують технологію структурованого світла;
- не завдають шкоди фізичному об'єкту.

Застосування 3D-сканера

- **Інженерний аналіз** – 3D-сканер може швидко і якісно створити тривимірну модель об'єкту і прорахувати його фізичні пропорції в необхідних розмірах. За наявності фізичної моделі в єдиному екземплярі, об'ємне сканування допоможе створити різнорозмірні копії і швидко налагодити дрібносерійне виробництво.

- **Цифровий аналіз** – 3D-сканер допомагає візуалізувати всі технічні невідповідності виробів і деталей, а отже, внести в них необхідні корективи ще до етапу виготовлення протипу виробу.

- **Цифрова архівація**. Тепер можна відмовитися від двовимірних малюнків, креслень і навіть від 3D-моделювання застарілих деталей. 3D-сканер

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 18

зчитає з об'єкту всю необхідну інформацію, побудує 3D-модель і заархівує її в потрібному для виготовлення форматі. Це суттєво економить час і не вимагає виділення місця під зберігання фізичних креслень.

- **Архітектура.** За допомогою 3D-сканера, можна створити модель цілого будинку, а також окремих елементів архітектури: емблем, колон і різного роду декорацій.

- **Медицина** – саме 3D-принтер є відмінним помічником при 3D-сканування кісток і навіть окремих органів – з найвищим рівнем деталізації! Надалі, отримані 3D-моделі і створені прототипи можуть використовуватись як навчальні матеріали у спеціалізованих ВНЗ або для створення повноцінних біологічних протезів.

Особливості 3D сканування у медичній сфері

Процес сканування, що здійснюється спеціальним 3D сканером, заміняє трудомістке та не достатньо точно ручне вимірювання, виключає необхідність контакту із предметом. В медицині 3D сканування застосовується для створення імплантатів, хірургічних моделей, протезів, бандажних кріплень тощо. Отримані дані та побудовані моделі можна використати потім для подальшого відтворення з допомогою 3D принтера та відповідних матеріалів.

Сам процес лазерного сканування нагадує людський зір. Пристрій фіксує кожен точку об'єкту разом із просторовим її розміщенням відносно інших точок. Спеціальні підсвічування чи періодичні спалахи забезпечують більш високу точність замірів. Габарити сканованих предметів необмежені (хіба що можливостями конкретної моделі сканера) – можна сканувати як дрібні деталі розміром від 1см, так і цілі будівлі та складні інженерні споруди. Просто для різних цілей використовують різні методи вимірювань та прилади.

У медичній галузі тривимірне сканування застосовується у декількох напрямках:

- для визначення особливостей та індивідуальних параметрів пацієнта, що дозволяє створити ідеальний протез чи імплантат, допоміжні структури для мінімізації післяопераційних ускладнень;
- для створення методом 3D друку тих самих протезів та імплантатів із універсальних органічних матеріалів;
- для медичної візуалізації та найточнішої діагностики станів пацієнтів;
- для створення навчальних моделей та макетів, необхідних для освіти медичного персоналу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 19

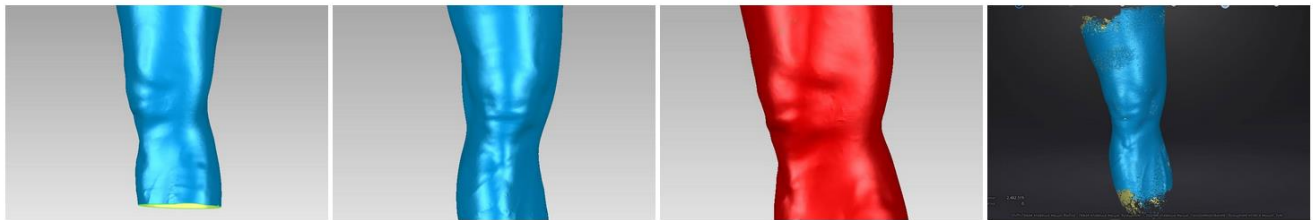
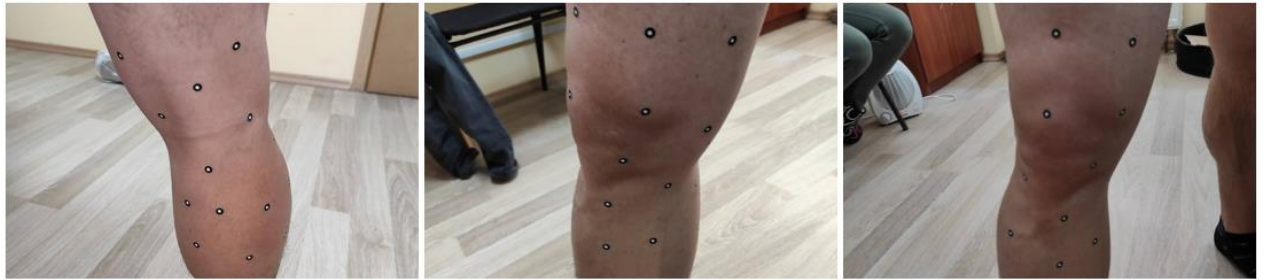


Рисунок 8.1 – Контрольні точки та 3Д-модель кінцівки

Для 3D сканування існує ряд програм:

David-3D. Призначається для тривимірного сканування предметів і перетворення отриманих результатів з метою подальшого імпорту моделей в 3D-редактори.

Artec Studio 10. Професійний інструмент для створення об'ємних моделей.

Autodesk 123D Catch. Тривимірне сканування для мобільних телефонів на Android.

Photomodeler Scanner. Дозволяє формувати високоточні stl-моделі на основі звичайних знімків, зроблених камерою смартфона або планшета.

3DAround. Перетворює фото в форматі в 2D в реалістичні тривимірні моделі.


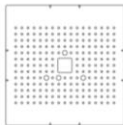

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 20

Хід роботи:

1. Ознайомтеся з технічною документацією на 3Д сканер.

Початок роботи з EinScan Pro HD




1 Перелік обладнання

Стандартна комплектація		
		Корпус сканера
Scanner body		
		Адаптер живлення
Power adapter		
		Силовий кабель
Power cable		
		Калібрувальна дошка
Calibration board		
		Тримач калібрувальної дошки
Calibration board support		
		Маркери
Markers		
		USB-накопичувач
USB drive		Інсталятор програмного забезпечення
Software installer		(EXScan Pro, Solid Edge, посібник користувача)
(EXScan Pro, Solid Edge, user manual)		

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 21

 Markers remover / Module port cap lifter	Засіб для видалення маркерів / Підйомник кришки порта модуля
 Phone screen mount	Кріплення на екран телефону
 Cable clip	Затиск для кабелю
Комплектація для професіонального сканування (опціонально)	
 Turntable	Поворотний стіл
 Tripod	Штатив
 Scanner tray	Лоток сканера
 USB cable	USB-кабель

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 22

 Power adapter	Адаптер живлення
 Power cable	Силовий кабель
Комплектація для повнокольорового сканування (опціонально)	
 Texture camera	Текстурна камера

2. Ознайомтеся з системними вимогами до комп'ютера:

2.1. Мінімальна конфігурація

ОС: Win10, 64 біт

Процесор: Intel (R) xeon E3-1230, Intel (R) I5-3470, Intel (R) I7-3770

Відеокарта: Quadro card P1000 і вище або NVIDIA GTX660 і вище

Оперативна пам'ять: 8Gb

Порт USB: Високошвидкісний порт USB 3.0

2.2. Рекомендована конфігурація

ОС: Win10, 64 біт

Процесор: I7-8700 і вище

Відеокарта: NVIDIA GTX1060 і вище

Оперативна пам'ять: 64Gb

Відеопам'ять: >4Gb

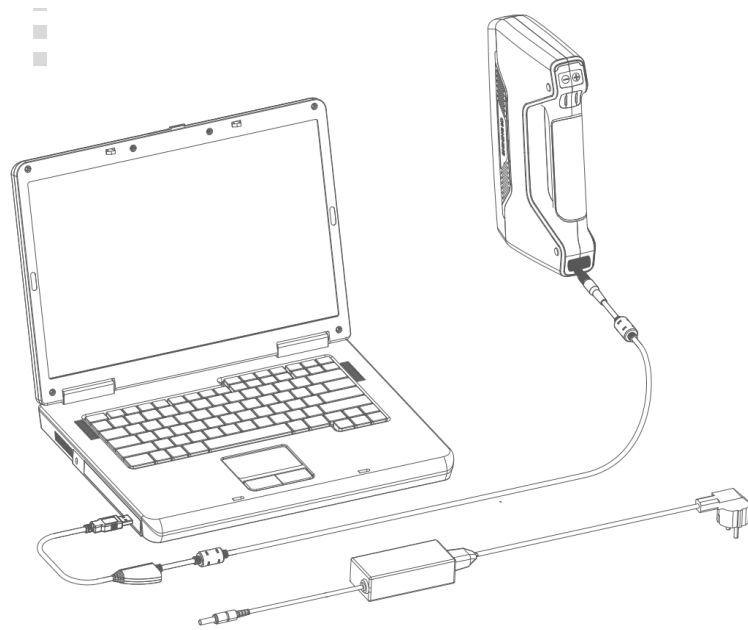
Порт USB: Високошвидкісний порт USB 3.0

3. Установка обладнання

3.1. Стандартна комплектація

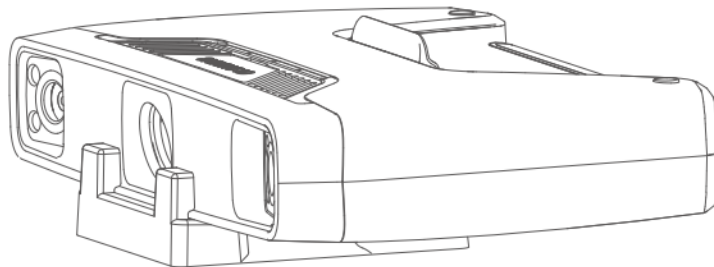
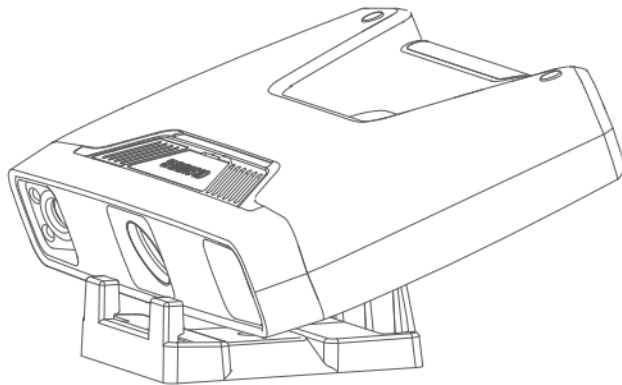
3.1.1. Увімкніть пристрій і підключіть його до комп'ютера через порт USB 3.0.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 23



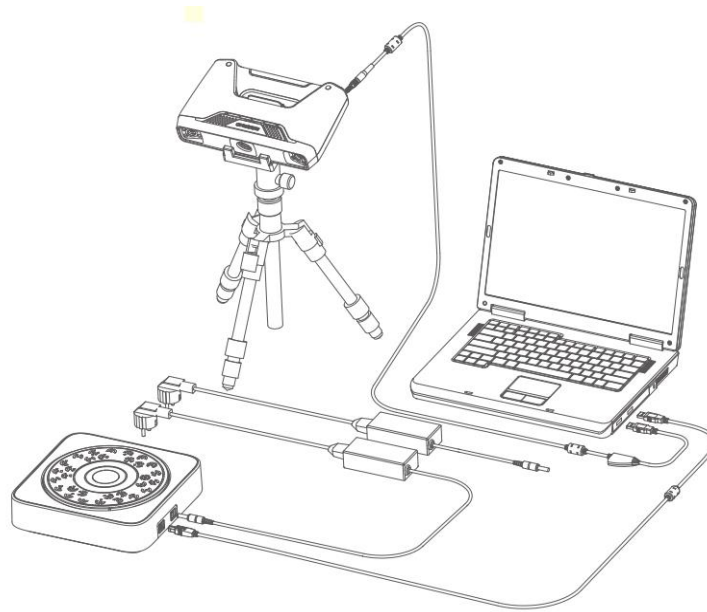
3.2. Комплектація для професіонального сканування.

3.2.1. Закріпіть лоток сканера на штатив і встановіть на нього сканер.



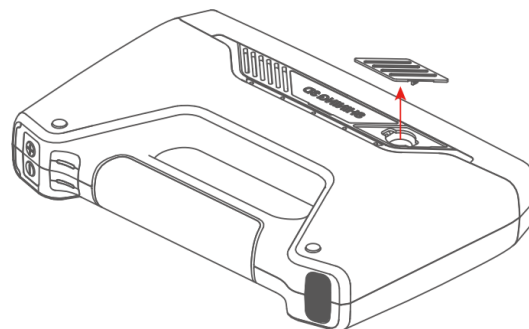
3.2.2. Підключіть USB-кабель до USB порта поворотного стола і підключіть його до комп'ютера. Підключіть кабель живлення до поворотного стола.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 24

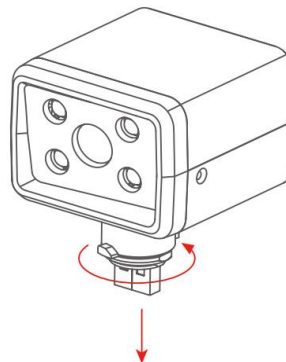


3.3. Комплектація для повнокольорового сканування.

3.3.1. Розташовує пристрій вертикально, вийміть кришку USB порту. Кришка розташована біля логотипу з правої сторони пристрою.



3.3.2. Вставте текстурну камеру і заблокуйте поворотним важелем.



4. Завантаження програмного забезпечення

4.1. Завантажте програмне забезпечення та посібник користувача з сайту www.einscan.com/support/download. Виберіть модель сканера, щоб завантажити програмне забезпечення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 25

4.2. Двічі клацніть на піктограму інсталяції програмного забезпечення для встановлення програмного забезпечення.

4.3. Після успішного встановлення, коли пристрій правильно підключено, двічі клацніть, щоб відкрити програмне забезпечення і активуйте пристрій. Формат активації «Online Activation». Переконайтеся, що ваш комп'ютер під'єднано до мережі Інтернет. Або зробіть локальну активацію «Local Activation» та знайдіть ліцензію на USB-накопичувачі.

Примітка: якщо Ви встановлюєте інший пристрій з іншим серійним номером, програмне забезпечення автоматично повідомить користувачів про активацію цього пристрою.

5 . Проведіть Калібрування приладу

Калібрування – це процес, який гарантує, що пристрій скануватиме з оптимальною точністю та якістю. Коли програмне забезпечення встановлюється вперше, воно автоматично переходить до інтерфейсу калібрування.

Для діапазонів сканування 300 мм і 150 мм використовуються різні калібрувальні дошки. Виберіть відповідну калібрувальну дошку, як показано в інтерфейсі калібрування.

5.1. Калібрування камери. Дотримуйтесь інструкцій з програмного забезпечення для проведення калібрування в 5 різних положеннях калібрувальної дошки.

Тримайте сканер вертикально тильній стороні калібрувальної плати (білий) і відрегулюйте відстань.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 26



Рисунок 8.2 – Послідовність калібрування

Примітка: Обов'язково захищайте калібрувальну дошку та тримайте її чистою, без подряпин або плям з обох сторін.

Калібрувальна дошка відповідає пристрою з таким же серійним номером. Виконання калібрування за допомогою неправильної калібрувальної дошки не дасть хороших даних сканування або оптимальної точності.

Очищуйте лише чистою водою, не використовуйте спирт чи інші хімічні рідини для чищення калібрувальної дошки. Щоб запобігти пошкодженню калібрувальної дошки, не кидайте її та не ставте на неї важкі чи невідповідні предмети. Після використання негайно зберігайте калібрувальну дошку в оксамитовому пакеті.

Примітка: Під час першого встановлення програмного забезпечення за замовчуванням потрібне калібрування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 27

Калібрування також необхідне для наступного:

1. Зміна пристрою
2. Після того, як пристрій витримав нерівне транспортування
3. Після приладу точність знижується
4. Пристрій довго не калібрували, наприклад 15 днів.
5. Під час використання Color Rack позиція текстурної камери змінена.

6. Процес сканування

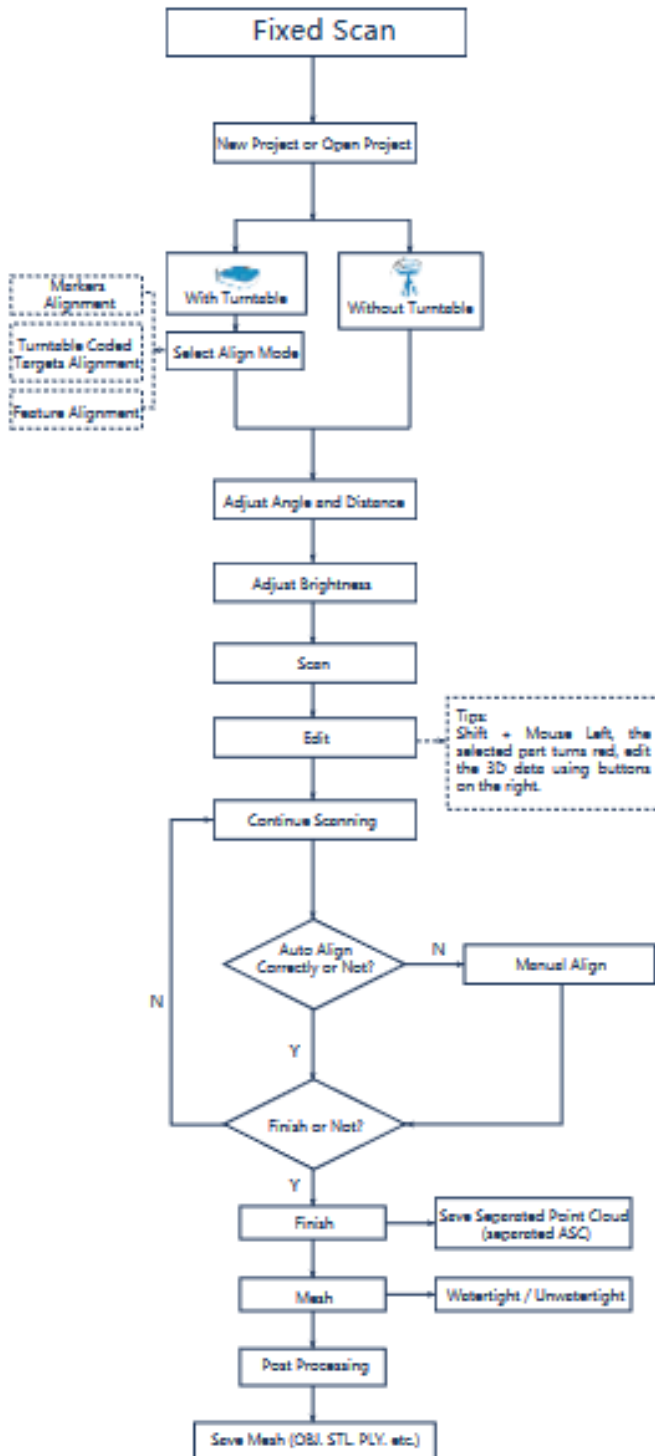
Є три режими сканування, алгоритми яких наведені на рис. 8.3: фіксоване сканування (а), ручне сканування у форматі HD (б), ручне швидке сканування (в).

Використовуйте режим ручного швидкого сканування, коли:

- Потрібен досвід швидкого сканування;
- Об'єкти з хорошою геометрією для вирівнювання;
- Об'єкти важко переміщати або необхідно утримувати на поворотному столі для сканування:
 - Необхідна висока точність і висока роздільна здатність при ручному скануванні; Об'єкти важко переміщати або вони повинні залишатися на поворотному столі для сканування. Використовуйте режим фіксованого сканування з поворотним столом, коли:
 - Потрібна висока точність і висока роздільна здатність;
 - Розмір об'єкта не перевищує 150 мм, що не може охопити більшість кодованих цілей на поворотному столі; Вага до 5 кг;
 - Об'єкти розміром понад 150 мм зі складною геометрією можуть працювати в режимі фіксованого сканування з поворотним столом за допомогою вирівнювання об'єкта.

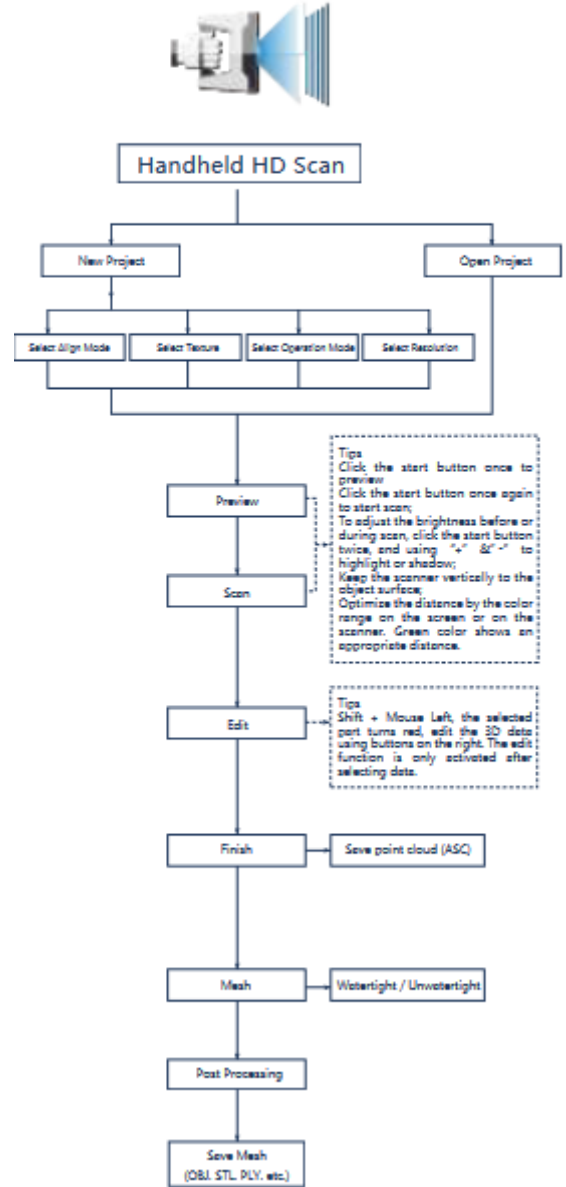
Використовуйте фіксоване сканування без режиму поворотного столу, коли: потрібна висока точність і роздільна здатність; об'єкти занадто великі та важкі для роботи з поворотним столом.

Fixed Scan



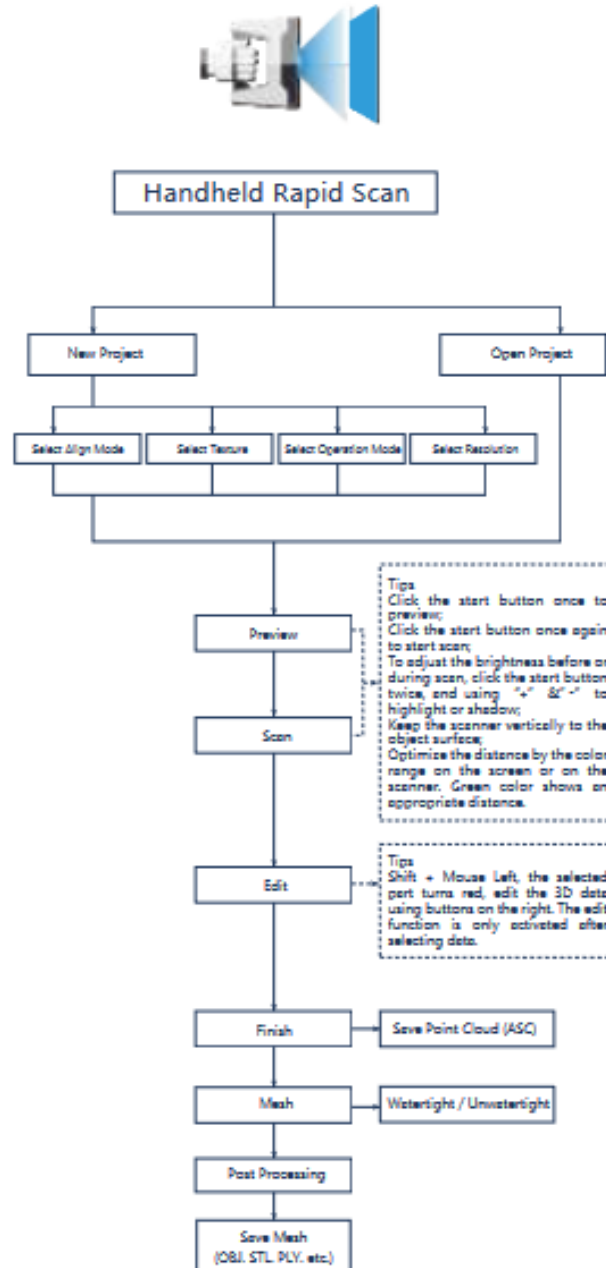
a)

Handheld HD Scan



b)

Handheld Rapid Scan



в)

Рисунок 8.3. –Режими сканування

Налаштування сканера

Відкрийте штатив і поставте його на землю. Відрегулюйте три ніжки штатива.

Відрегулюйте засув ②, щоб звільнити та відрегулювати вертикальний ковзний стрижень на відповідну висоту, і засув ② має бути заблокований після регулювання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 30

Зніміть блок адаптера зі штатива, помістіть його в гніздо в нижній частині блоку сканера, а потім затягніть гвинти.

Вставте скануючу голівку у верхній паз штатива, відрегулюйте орієнтацію та затягніть гвинти, щоб закріпити її, як показано.

При необхідності покачайте качельку, щоб відрегулювати висоту пристрою. Потім затягніть засув.

Натисніть кнопку "Пуск" один раз для попереднього перегляду. Натисніть кнопку "Пуск" ще раз, щоб почати сканування;

Щоб відрегулювати яскравість до або під час сканування, двічі натисніть кнопку "Пуск" і за допомогою кнопок "+" і "-" виділіть або затініть.

Тримайте сканер вертикально до поверхні об'єкта;

Оптимізуйте відстань за діапазоном кольорів на екрані або на сканері. Зеленим кольором позначено оптимальну відстань та хорошу якість сканування.

Shift + миша вліво, виділена частина стає червоною, редагуйте 3D-дані за допомогою кнопок праворуч. Функція редагування активна лише після виділення даних.

Відскануйте об'єкт.

Збережіть файл.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 31

Практична робота №9

ОСНОВИ РОБОТИ З 3D ПРИНТЕРОМ

Мета роботи: ознайомитися технологіями 3D друку, застосуванням 3D принтера для побудови гільзи протезу.

Матеріали та обладнання: 3D-принтер, персональний компютер, матеріал для друку.

Завдання роботи:

1. Ознайомитися з технічною документацією на 3D принтер.
2. Навчитися працювати в програмі 3D друку.
3. Зробити гільзу протезу сканованої кінцівки за матеріалами практичної роботи № 8.

Теоретичні відомості

Технології 3D друку:

Існує багато технологій 3D друку, тому розглянемо лише найбільш поширені технології 3D друку, які застосовуються як в настільних, так і в промислових [3D принтерах](#). В цілому, суть технології одна, але всі методики відрізняються типом вживаного матеріалу і способом його нанесення. Нижче наведені назви найпоширеніших технологій 3D-друку.

- Моделювання методом наплавлення (Fused deposition modeling, FDM);
- Стереолітографія (Laser stereolithography, SLA);
- Селективне лазерне спікання (Selective laser sintering, SLS).

Моделювання методом наплавлення (3D друк FDM): Моделювання методом наплавлення, воно ж 3D друк FDM, по праву можна вважати найбільш поширеною методикою 3D-друку. Свою популярність 3D друк FDM отримала завдяки простоті і відносній дешевизні, за рахунок якої саме вона застосовується в більшості варіантів настільних 3D принтерів. Але не варто недооцінювати цю технологію 3D-друку - вона універсальна і дуже функціональна.

Формування об'єкта при моделюванні методом наплавлення відбувається за рахунок пошарового нанесення на робочу платформу розплавленого матеріалу. Як матеріал для цих цілей застосовується пластик в формі нитки різної товщини. Також можуть застосовуватися різноманітні гнучкі матеріали і посилені / металізований пластик. Складні нависають елементи друкуються з підтримками.

Лазерна стереолітографія (3D друк SLA): Стереолітографія, або 3D

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк __ / 32

друк SLA, - друга за популярністю технологія 3D-друку, яка широко використовується як в промислових, так і в настільних 3D принтерах. Точність такої печатки на порядок вище, ніж може видати 3D друк FDM, що призвело до її особливої популярності в певних сферах. 3D друк SLA застосовується, зокрема, в ювелірній справі і стоматології завдяки високій деталізації виробів.

Її суть полягає в наступному: емність заповнюється рідким [фотополімером](#), який пошарово опромінюється лазерним випромінюванням по контурах майбутнього об'єкта. Під впливом випромінювання фотополімерна смола твердне, поступово формуючи готовий виріб. Є різновид цього виду 3D-друку - 3D-друк DLP. У ній замість лазерного випромінювання застосовується спеціальний проектор. Швидкість відтворення при цьому значно вище.

Селективне лазерне спікання (SLS 3D друк): Селективне лазерне спікання, воно ж SLS 3D друк, є професійною технологією 3D-друку, яка широко застосовується в промисловості. З її допомогою виробляються міцні пластмасові і металеві деталі, які можуть застосовуватися в якості кінцевих виробів. На сьогоднішній день це найбільш надійний метод 3D-друку, за допомогою якого створюються як прототипи, так і повнофункціональні вироби. Звісно, це накладає відбиток на клас і вартість 3D принтерів.

Для формування об'єктів методом SLS 3D друку використовуються спеціальні порошкові матеріали (металеві або пластикові). Під впливом лазера порошок плавиться по контуру необхідного виробу. Після утворення першого шару порошковий матеріал знову наноситься і піддається опроміненню лазером. Таким чином пошарово формується необхідний об'єкт. SLS 3D друк цікавий тим, що в ньому не використовуються опорні структури для підтримки висячих елементів, що дозволяє знизити витрату матеріалу.

Порівняння технологій 3D-друку FDM, SLA і SLS. Вибір технології 3D друку

Вибір технології 3D друку. В сучасному світі 3D-друк застосовується в багатьох галузях. Від інженерії до виробництва, стоматології, охорони здоров'я, ювелірних виробів і багато чого іншого. Технологія 3D друку пропонує широкий спектр додатків, від візуальних і функціональних прототипів до деталей кінцевого використання. Кожне з існуючих на ринку рішень для 3D-друку має свої переваги і обмеження. Це робить кожну з технологій більш відповідною для певних цілей, ніж для інших.

В процесі вибору 3D принтера вам потрібно буде визначити технологію, яка найкращим чином відповідає вашим вимогам. Давайте порівняємо функціональні і візуальні характеристики трьох найбільш поширених технологій 3D-друку з пластика: FDM, SLA і SLS.

Вибір технології 3D друку і матеріалу з правильними функціональними властивостями має вирішальне значення для забезпечення належного функціонування ваших деталей.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 33

1. Розміри поля побудови і точність відтворення деталі (допуски)

Почнемо з габаритів області побудови.

Найбільш поширені [принтери FDM](#) пропонують об'єм друку зі стороною куба розміром близько 200 мм, а варіанти великого формату досягають розміру 300 * 300 * 600 мм.

Як і у випадку з FDM, професійні настільні [SLA-принтери](#) можуть поставлятися в стандартних або широкоформатних моделях. Причому більшість стандартних розмірів представляють собою куб зі стороною розміром 200 мм. Моделі більшого розміру можуть пропонувати область збірки в 5-10 разів більше.

Обсяг збірки настільних [принтерів SLS](#) можна порівняти зі стандартними принтерами FDM і SLA.

Розміри області побудови у різних технологіях 3D друку:

аступне, що потрібно враховувати, коли мова йде про функціональні властивості, – це допуски. Якщо ваші деталі вимагають більш жорстких допусків і більш високої точності, то SLA і SLS – це ваші найкращі варіанти. Обидві технології використовують високоточні лазери для формування кожного шару матеріалу з надійними і відтворюваними результатами.

Точність відтворення розмірів (допуски) в FDM, SLA і SLS 3D принтерах:

2. Вибір технології 3D друку. Властивості матеріалів

Перейдемо до властивостей матеріалів. FDM і SLA пропонують широкий спектр матеріалів з властивостями, зручними для звичайних пластмас, отриманих литтям під тиском.

Вибір матеріалів для SLS більш обмежений. Але ця технологія – кращий вибір для довговічних виробів і робочих деталей машин. Найбільш поширеним матеріалом для 3D-принтерів SLS є нейлон – високопродуктивний інженерний термопласт. Деталі з нейлону на SLS мають високу термостійкість.

У 3D-принтерах FDM використовуються термопластичні нитки, такі як [ABC](#), [PLA](#) і різні суміші.

Принтери SLA створюють пластмасові деталі з різних [термореактивних смол](#), кожна з яких була розроблена з урахуванням характеристик звичайних пластиків. 3D-принтери SLA пропонують максимально гнучкий вибір матеріалів. Вони, наприклад, використовують гнучкі і м'які матеріали, схожі на силікон. Також, для друку на SLA доступний матеріал з найвищою температурою експлуатації до 238 °С. І, нарешті, на принтерах SLA доступний друк з найширшим вибором біосумісних матеріалів для стоматології та медицини.

Крім того, настільні 3D-принтери можна використовувати для створення металевих деталей литтям 3D-друкованих шаблонів із пластику. SLA – це широко поширена технологія для 3D-друку моделей ливарних форм для

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 34

ювелірних виробів, стоматології та інженерних додатків. У той час як FDM також пропонує ще кілька експериментальних варіантів.

Якщо у вас є особливі вимоги до міцності, подовження, жорсткості, довговічності або інших властивостей, ми рекомендуємо ознайомитися з технічними даними кожного конкретного матеріалу.

Різноманітність доступних для друку матеріалів в FDM, SLA і SLS 3D принтерах:

3. Вибір технології 3D друку. Візуальні характеристики роздрукованих моделей

Для таких застосувань, як концептуальні, художні або комерційні моделі і прототипи, вам слід обирати технологію на основі зовнішнього вигляду і візуальних характеристик деталей, отримуваних за допомогою цих технологій.

У 3D-друці FDM шари видавлюються соплом, якому не вистачає контролю і здатності досягати рівня деталізації, який можуть запропонувати дві інші технології. Ось чому відбитки FDM зазвичай мають чітко видимі шари.

Завдяки застосуванню високоточних лазерів, SLA і SLS є золотим стандартом для виробництва високоякісних матеріалів і моделей зі складною деталізацією і прекрасними характеристиками. У SLA лазер управляє світлом з високою точністю. Кожен шар має згладжені краї. Завдяки цьому кожен новий шар краще збігається з попереднім шаром. Це створює більш гладку поверхню прямо на виході з принтера зі зменшеним “ефектом сходи”. Особливо для моделей з тонкими виступаючими деталями. SLA – це золотий стандарт для виробництва високоякісних матеріалів і моделей зі складною деталізацією і прекрасними характеристиками.

У принтерах SLS також використовуються лазери для отримання виробів з високою деталізацією. Але, оскільки лазери працюють шляхом спікання порошкового матеріалу, деталі виходять з принтера із шорсткою зернистою поверхнею.

Зовнішній вигляд деталей, роздрукованих з на 3D принтерах за допомогою різних технологій:

Деталі, надруковані на 3D-принтері, також можна шліфувати, полірувати, ґрунтувати і фарбувати. Таким чином можна досягти бажаного зовнішнього вигляду.

Подальша обробка деталей SLS є найпростішою, тому що немає друкованих опор, які потрібно було б видалити з надрукованих деталей. Деталі SLA вимагають деякої шліфовки для видалення слідів опор при друці на опорах. У той час як деталі з FDM вимагають значно більшого шліфування й полірування перед ґрунтуванням і фарбуванням для отримання високоякісної обробки.

[Матеріали FDM](#) доступні у великому різноманітті кольорів. У той час як деякі смоли SLA можна змішувати з [кольоровими пігментами](#) для отримання майже будь-якого індивідуального кольору. Нарешті, SLA має унікальну

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк ___ / 35

можливість створювати прозорі або навіть оптично прозорі деталі. Деталі з SLS можна фарбувати в різні кольори.

3D-друк FDM, SLA і SLS пропонує безліч матеріалів і варіантів, які найкращим чином відповідають функціональним і візуальним вимогам вашого застосування. У багатьох випадках легко може виявитись, що дві або навіть всі три технології підходять під ваші потреби. У цьому випадку, ви маєте розставити пріоритети в своїх вимогах. Крім того, варто зважити й інші фактори. Такі як швидкість, вартість, робочий процес або простота використання.

Рисунок

Принтер MechLab 3D Vertex

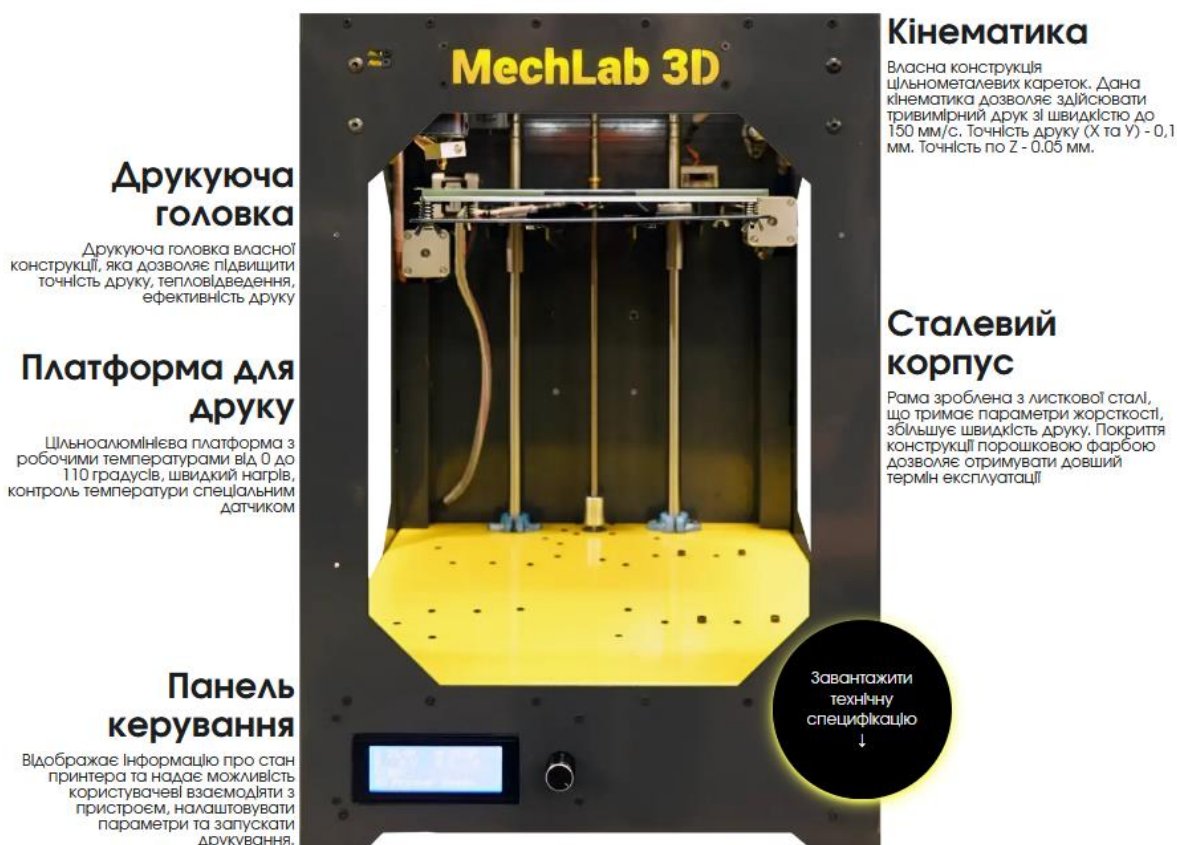


Рисунок 9.1 – Зовнішній вигляд 3Д принтера

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 36



Рисунок 9.2 – Порядок створення 3Д об'єкту

Ознайомлення з програмним продуктом CURA.

Підготовка 3Dмоделей для FDM друку

Cura — це передове програмне забезпечення для слайсингу, яке відіграє ключову роль у процесі 3D-друку. Розроблене компанією Ultimaker, це ПЗ перетворює 3D-моделі на інструкції, зрозумілі для 3D-принтерів. Cura розбиває модель на тонкі шари та генерує G-код, що містить детальні вказівки для принтера про те, як створювати об'єкт шар за шаром.

Важливість якісного програмного забезпечення для 3D-друку не можна недооцінювати. Воно відіграє не менш важливу роль, ніж сам 3D-принтер або пластик, що використовується. Після тестування різних слайсерів, як з відкритим, так і з закритим вихідним кодом, команда інтернет-магазину 3D4U дійшла висновку, що Cura є одним з найбільш інтуїтивно зрозумілих та функціональних рішень, особливо для новачків у 3D-друку.

Одна з головних переваг Cura — це відкритий вихідний код. Це означає, що програма доступна для вивчення та модифікації спільноту розробників, що сприяє постійному вдосконаленню та розширенню функціональності. Крім того, Ultimaker підтримує сертифіковану глобальну команду підтримки, забезпечуючи користувачам Cura надійну допомогу у розв'язанні питань, що виникають.

Cura пропонує два основні режими роботи, кожен з яких підходить для різних рівнів досвіду користувачів та складності завдань 3D-друку:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 37

Режим швидкого друку (Fast Print)

Режим "Швидкий друк" (Fast Print) ідеально підходить для новачків та тих, хто хоче швидко підготувати модель до друку без заглиблення в технічні деталі. У цьому режимі Cura використовує попередньо встановлені оптимізовані налаштування, які підходять для більшості стандартних завдань 3D-друку.

Переваги режиму швидкого друку:

- Простота використання
- Швидка підготовка моделі до друку
- Оптимізовані налаштування для якісного результату
- Ідеально для новачків та простих моделей

Режим повних налаштувань (Full Settings)

Для більш досвідчених користувачів або при роботі зі складними моделями Cura пропонує режим "Повні налаштування" (Full Settings). Цей режим відкриває доступ до широкого спектра параметрів, що дозволяють точно налаштувати процес друку під конкретні вимоги.

У режимі повних налаштувань ви можете регулювати такі параметри, як:

- Швидкість друку
- Температура екструдера та платформи
- Висота шару
- Щільність та патерн заповнення
- Товщина стінок
- Налаштування підтримок та адгезії
- Ретракція та компенсація перекриттів

Для ще більш тонкого налаштування можна активувати "Експертний режим", який відкриває доступ до розширених параметрів, таких як налаштування охолодження, експериментальні функції та специфічні налаштування для різних типів пластику.

Для друку 3D моделі з комп'ютера необхідно попередньо створити файл на мові .gcode. Gcode-файл містить всі інструкції, необхідні принтеру для правильного друку нашого об'єкта (необхідні переміщення, температура, кількість екструдованого пластику). G-код – загальна назва мови програмування, регламентованого стандартом ISO 6983-1: 1982, стандартом ГОСТ 20999-83. В цілому програма, написана з використанням G-коду, складається з кадрів, кожен кадр містить набір команд управління.

Існують різні програми, що дозволяють конвертувати в Gcode-файли з розширенням .stl (стандартний формат, який використовується для зберігання тривимірних моделей). В нашій роботі ми використовували Cura 3D. Cura - це стандартна програма-слайсер для всіх 3D-принтерів Ultimaker, але її можна використовувати і з більшістю інших, включаючи RepRap, Makerbot, Printbot, Lulzbot і Witbox. У програми повністю відкритий вихідний код, її

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 38

можливості можна розширювати за допомогою плагінів. Ця програма дуже легка у використанні і дозволяє управляти найважливішими параметрами 3D-друку через зрозумілий інтерфейс. Почніть в режимі Basic - щоб швидко увійти в курс справи і змінити налаштування якості друку. Якщо потрібно більш тонкий контроль, перейдіть в режим Expert. Програму Cura можна використовувати для управління принтером через USB інтерфейс.

Порядок виконання роботи

1) Для початку роботи з параметрами налаштування 3D моделі для подальшого друку необхідно в самій програмі Cura 3Добрати принтер за допомогою якого буде виконана створена модель. В даному випадку це UltimakerOriginal.

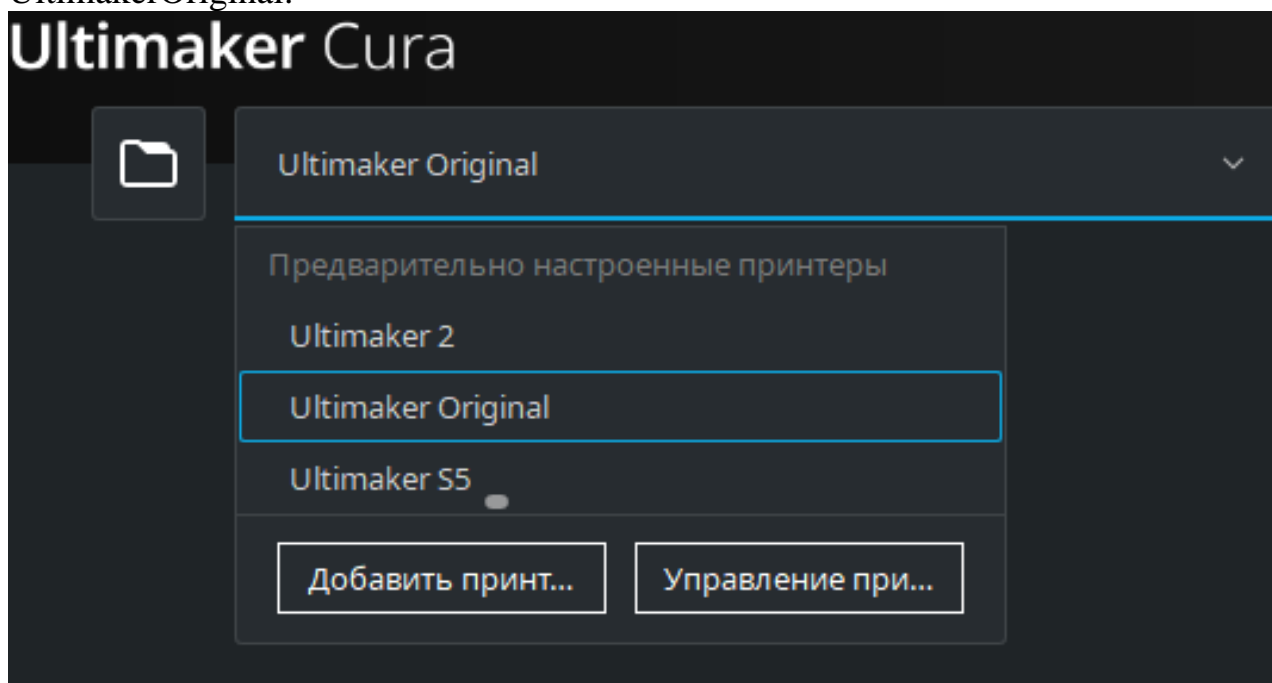


Рисунок 9.3 – Вибір 3D принтера

2) Після вибору принтера потрібно додати заделегіть створену 3D модель. Натиснувши комбінацію «Ctrl+O» вибираємо файл в обов'язково форматі STL.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 39

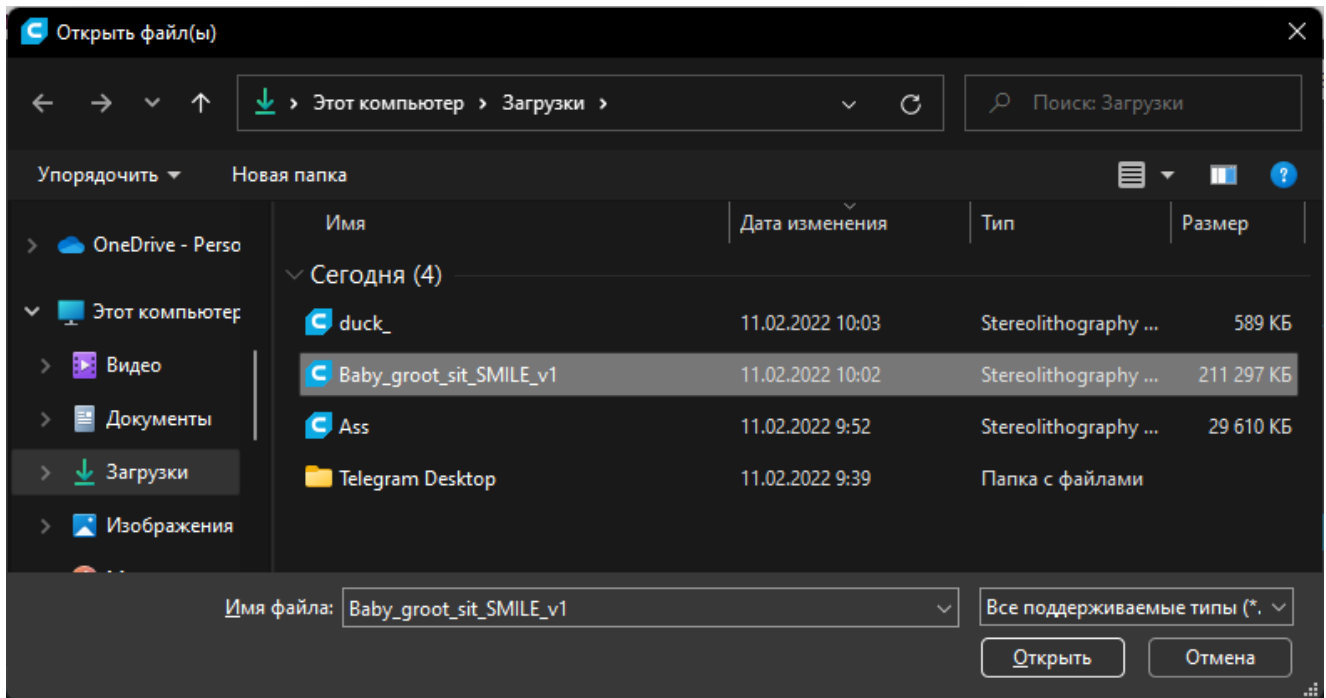


Рисунок 9.4 – Додавання 3D моделі

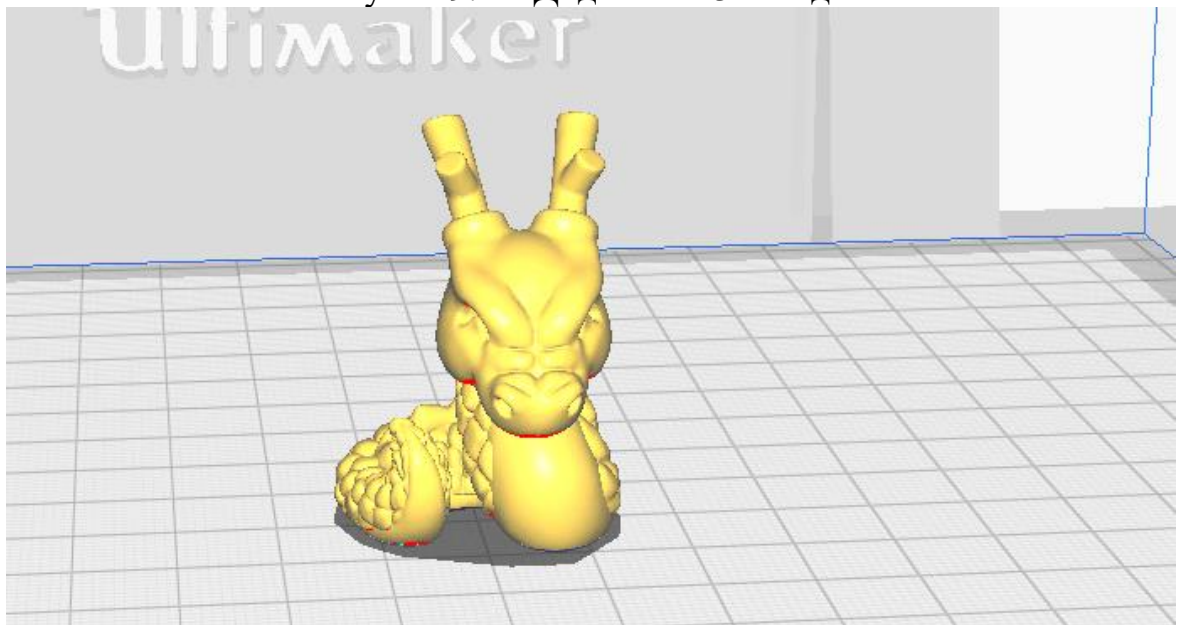


Рисунок 9.5 – Додана 3D модель для налаштування друку

3) Наступним кроком вибираю тип пластику яким буде друкуватись 3D модель. В моєму випадку, деталь має складний рельєф, який після друку необхідно буде відшліфувати. Тому вибираю для друку ABSпластик, який має більшу температуру плавлення та краще піддається подальшій обробці.

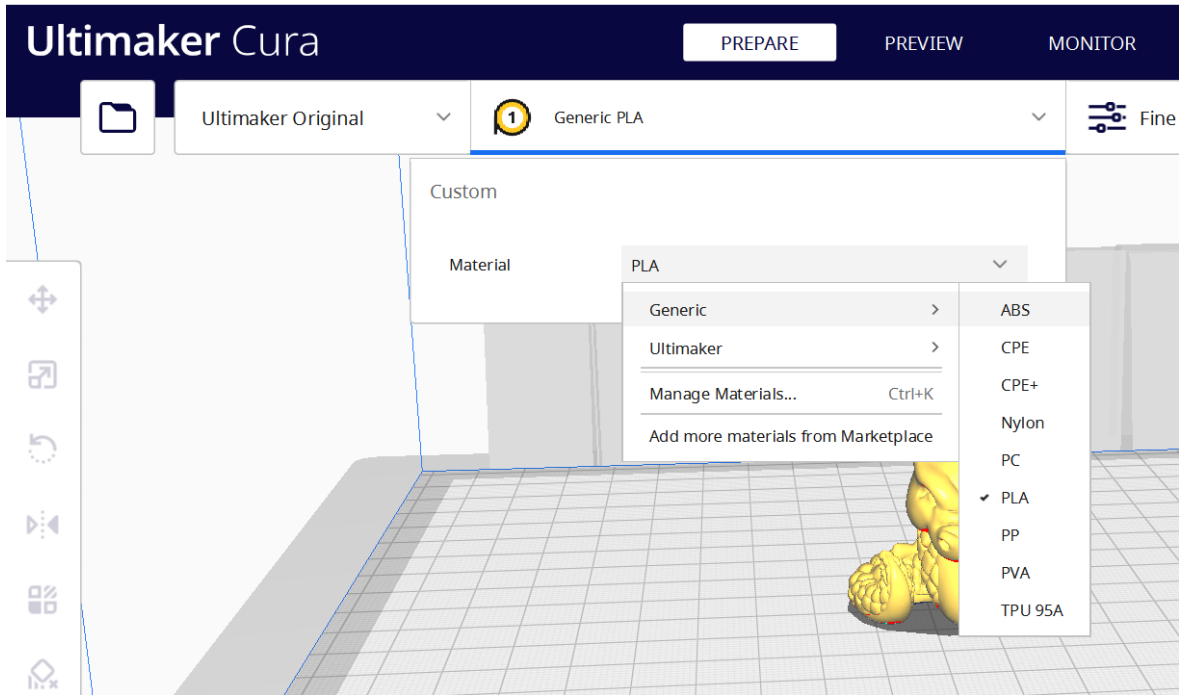


Рисунок 9.6 – Вибір типу пластику для друку

4) Далі вибираємо параметри друку. Оскільки створена модель має багато дрібних деталей, то вибираємо висоту шару 0.1мм, товщину стінки 0.8мм, а швидкість друку 40мм/с. Вибрана модель має більше декоративний характер, тому щільність заповнення 15% буде достатньою.

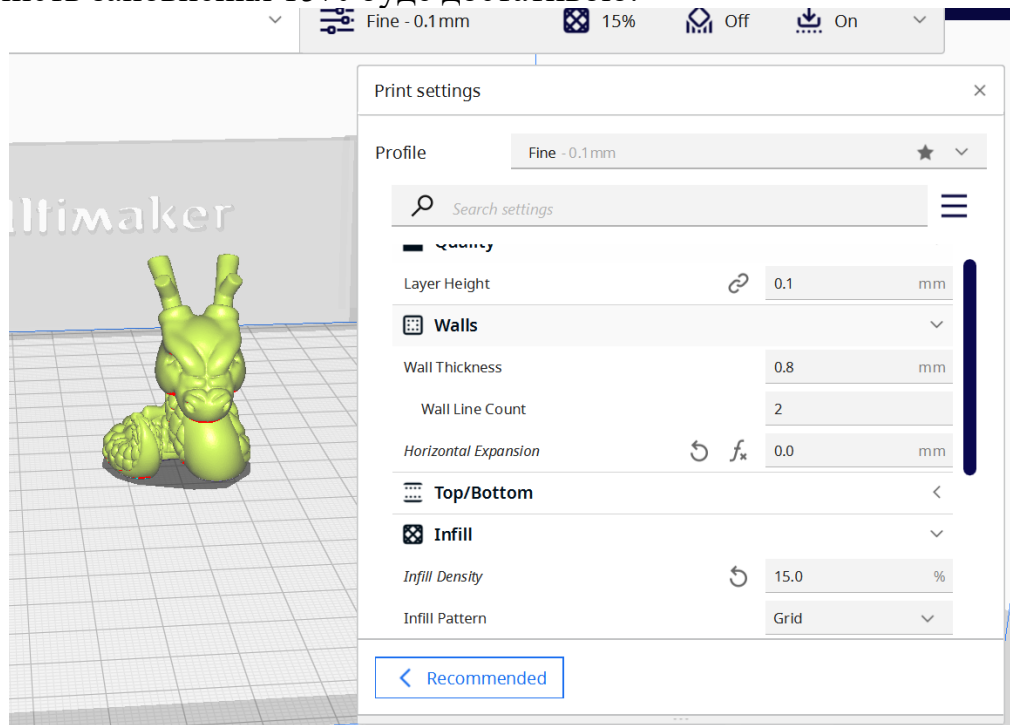


Рисунок 9.7 – Вибрані налаштування для 3Ддруку

5) Після вибору налаштувань для 3D друку натискаємо кнопку «нарізати шари» та оглядаємо пошарово деталь на наявність можливих дефектів друку.

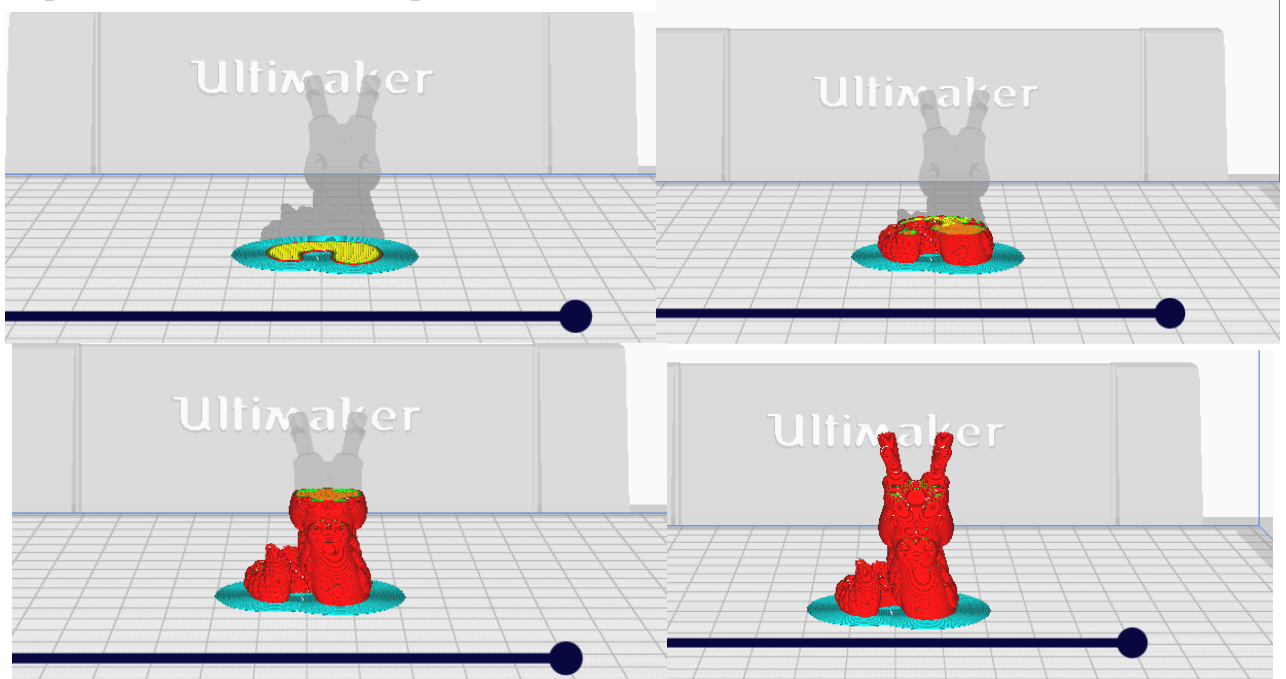


Рисунок 9.8 – Вигляд деталі «нарізаної на шари»

6) Вибрана 3D модель має багато нависаючих частин, тому в налаштування потрібно додатково включити функцію підтримки нависаючих частин для кута більше 40°. Та знову натиснути кнопку «нарізати на шари», для перегляду етапів друку та перерахунку необхідного часу для друку та витрати пластику. Після цього зберігаємо налаштування в Gcode-файл.

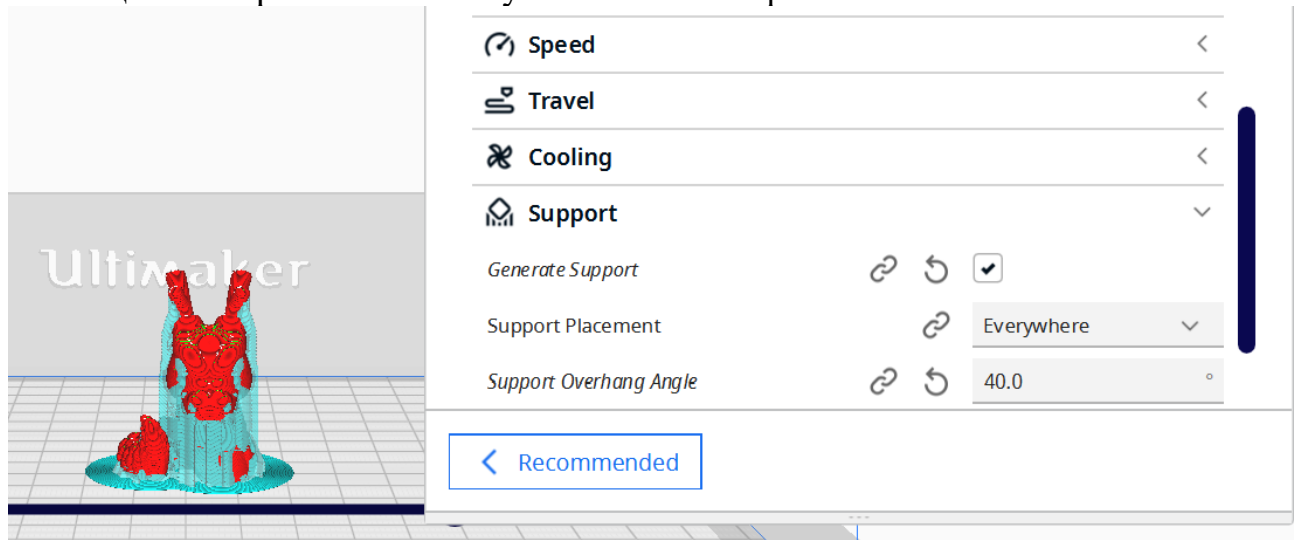


Рисунок 9.9 – Вигляд деталі з підтримкою

Як результат маємо повністю сформований gcode який являється інструкцією роботи для 3d принтера.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06 05.01/163.00.2/М/ВК1.2-2020
	Екземпляр № 1	

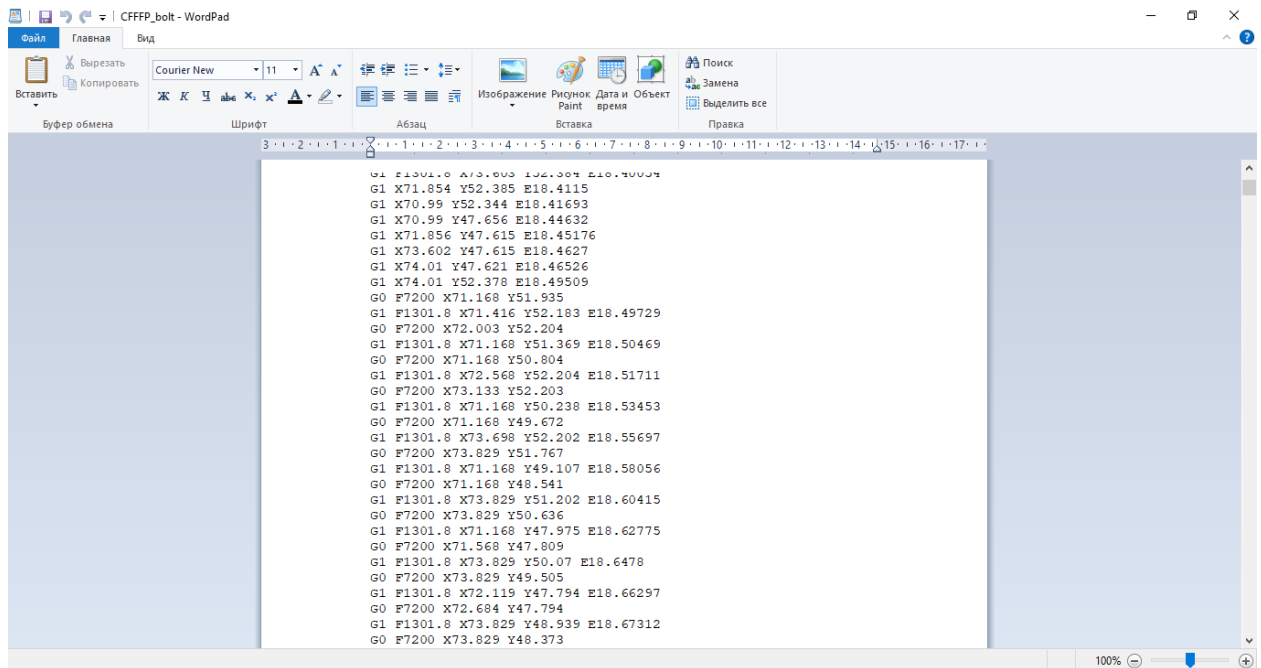


Рисунок 9.10 – Фрагмент сформованого code

Хід роботи:

1. Встановити та налаштувати програмне забезпечення.
2. Запустити 3Д принтер.
3. Роздрукувати 3Д модель гільзи кінцівки, створеної за допомогою 3Д сканера.
4. Зробити висновки по роботі.
5. Оформити звіт з практичної роботи.