

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ  
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОТЕЗУВАННЯ,  
ПРОТЕЗОБУДУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ**

**А.Д. Салєєва, О.Г. Аврунін, О.М. Литвиненко, О.Г. Скрипка,  
Л.О. Бєлєвцова, Т.О. Трофименко, О.С. Істоміна, К.Г. Селіванова**

**КОНСТРУЮВАННЯ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ПРОТЕЗІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК**

*Навчальний посібник*

**Харків-2023**

**УДК 621. 396. 931**

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради  
Харківського національного університету радіоелектроніки  
(протокол № 1/6 від 31.01.2023)*

**Салєєва А.Д., Аврунїн О.Г., Литвиненко О.М. та ін.**

Конструювання та технології виготовлення протезів верхніх кінцівок:  
навч. посіб. / А.Д. Салєєва, О.Г. Аврунїн, О.М. Литвиненко, О.Г. Скрипка,  
Л.О. Белєвцова, Т.О. Трофименко, О.С. Істоміна, К.Г. Селіванова. –  
Харків: ХНУРЕ, 2023. – 226 с.

**ISBN 978-966-659-368-2**

У навчальному посібнику викладено загальні медичні та біомеханічні аспекти протезування верхніх кінцівок, запропоновано матеріали з конструкцій протезів верхніх кінцівок на різні рівні ампутацій, з комплектувальних виробів для протезів різної функціональності. У посібнику наведено основні технології виготовлення протезів після вичленення в променезап'ястковому суглобі, унаслідок ампутацій на рівні передпліччя та плеча та вичленення в плечовому суглобі. Запропоновано підходи до оцінювання якості та функціональності протезування верхніх кінцівок.

Рекомендується здобувачам вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю «Біомедична інженерія» (освітня програма «Ортопедичні технології та інженерія»).

ISBN 978-966-659-368-2

DOI: 10.30837/978-966-659-368-2

- © А.Д. Салєєва, О.Г. Аврунїн,  
О.М. Литвиненко, О.Г. Скрипка,  
Л.О. Белєвцова, Т.О. Трофименко,  
О.С. Істоміна, К.Г. Селіванова, 2023
- © Харківський національний університет  
радіоелектроніки, 2023

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	5
<b>1 Медичні передумови протезування верхніх кінцівок</b> .....	10
1.1 Рівні усічення верхніх кінцівок .....	10
1.2 Загальні концепції щодо призначення протезів верхніх кінцівок .....	15
1.2.1 Оцінювання функціональних можливостей особи, яка має порушення функцій верхніх кінцівок і потребує протезування .....	15
1.2.2 Протипоказання до призначення протезів верхніх кінцівок .....	19
1.3 Контрольні завдання.....	21
<b>2 Конструювання протезів верхніх кінцівок</b> .....	22
2.1 Класифікація протезів верхніх кінцівок .....	22
2.2 Біомеханічні основи протезування після ампутації верхніх кінцівок.....	25
2.3 Конструкції протезів верхніх кінцівок .....	29
2.3.1 Протез після часткової ампутації кисти та/або на рівні п'ястних кісток .....	29
2.3.2 Протези після вичленення в променезап'ястковому суглобі .....	33
2.3.3 Протези після ампутації на рівні передпліччя (трансрадіальні протези).....	36
2.3.4 Протези після вичленення в ліктьовому суглобі .....	44
2.3.5 Протези після ампутації плеча.....	48
2.3.6 Протези після вичленення в плечовому суглобі та міжлопатково-грудинного вичленення .....	57
2.4 Конструктивні особливості протезів верхніх кінцівок для занять спортом .....	59
2.5 Системи керування протезами верхніх кінцівок .....	75
2.5.1 Механізми функціонування протезів, керованих рухами тіла.....	75
2.5.2 Механізми функціонування протезів із зовнішнім джерелом енергії .....	82
2.6 Контрольні завдання.....	94
<b>3 Технології виготовлення протезів верхніх кінцівок</b> .....	95
3.1 Комплектувальні вироби для виготовлення протезів верхніх кінцівок .....	95

3.2 Основні технологічні підходи до виготовлення протезів верхніх кінцівок .....	104
3.2.1 Технологія виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза після вичленення в променезап'ястковому суглобі.....	104
3.2.2 Технологія виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза передпліччя .....	125
3.2.3 Технологія виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза плеча.....	150
3.2.4 Технологія виготовлення пасивного (косметичного) протеза після вичленення плеча.....	177
3.2.5 Технології виготовлення приймальних гільз, що містять особливі системи утримання протезів.....	188
3.3 Контрольні завдання.....	208
<b>4 Оцінювання якості та функціональності протезування верхніх кінцівок .....</b>	<b>210</b>
4.1 Оцінювання якості протезування верхніх кінцівок .....	210
4.2 Оцінювання функціональності протезування верхніх кінцівок .....	211
4.3 Контрольні завдання .....	219
<b>Перелік літературних джерел .....</b>	<b>220</b>

## ВСТУП

Рука людини – універсальний інструмент, здатний виконувати як силові операції, так і надійно утримувати дрібні предмети. Втрата верхніх кінцівок є однією з найдавніших проблем людства, вирішення якої стало можливим завдяки науковому й технічному прогресу.

Завдання заміни втрачених кінцівок намагалися вирішити ще з часів античності. Перші відомі історичній науці функціональні протези з'явилися близько п'ять тисяч років тому в Стародавньому Єгипті. У музеї Каїра зберігаються залишки протеза правої руки, виготовленого для якогось високопоставленого єгиптянина в епоху династії фараона Джосера, у кінці XXVII ст. до н. е. Його виявили 2001 р. на розкопках в Саккарі – найдавнішому некрополі африканської держави. Учені дійшли висновку, що пристрій кріпився до тіла системою шкіряних ременів, до того ж деякі з них керували функціями протеза. Наприклад, поворотами тулуба в різні боки можна було відкривати і закривати кисть, а згин лівого коліна викликав згин ліктя.

Найвідомішим протезом середньовіччя є «залізна рука» лицаря фон Берліхінгена, зроблена 1504 р. Залізна рука іншого воїна тривалий час вважалася вершиною майстерності у виготовленні штучних кінцівок. Невідомий коваль-зброяр 1509 р. зробив протез кисті та передпліччя для німецького лицаря Геца фон Берліхінгена. Він мав вигляд панцерної рукавички, кожен палець якої можна було зігнути і зафіксувати в довільному положенні за допомогою пружин і храповиків.

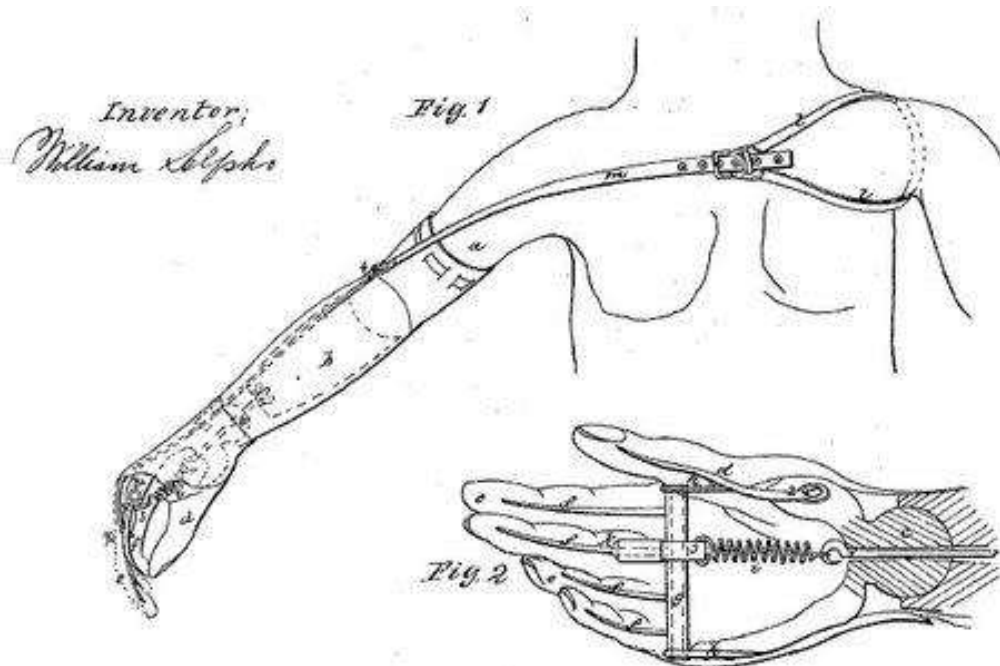


Отже, лицар міг надійно утримувати не тільки меч або повіддя коня, але й перо. Сталевий кулак розтискався внаслідок натискання кнопки, що звільняла всі пальці. Рука збереглася й на сьогодні є цінним експонатом у замку-музеї міста Ягстгаузен – батьківщини Берліхінгена.

Проте в окрему галузь медичної науки протезування верхньої кінцівки сформувалося тільки на початку XIX ст. Багато в чому це відбулося завдяки відкриттю та впровадженню антисептиків у медичну практику, оскільки раніше втрата руки або ноги зазвичай закінчувалася загибеллю від крововтрати й зараження.

Протягом XIX ст. європейські лікарі експериментували з різними системами механічних протезів. На початку XIX ст. німецький стоматолог і хірург Петер Баліфф розробив спосіб керування пальцями протеза за допомогою руху тулуба й плечового пояса. Для цього були використані тяги, закріплені на плечі пацієнта так, що під час розгинання ліктьового суглоба пальці розгиналися і, навпаки, для схоплення предмета протезом необхідно було зігнути лікоть. 1844 р. голландським скульптором Ван Петерсоном за принципами Баліффа був виготовлений протез плеча. У ньому згинання пальців уже здійснювалося пружиною, а розгинання – відведенням руки.

1857 р. Вільям Сельва запатентував протез, що використовував м'язові рухи від протилежної функціональної руки, щоб протез запрацював. Система ременів і шнурів дала змогу користувачеві приводити в дію протезні пальці, хоча й незграбно.



Упродовж 1900-х рр. піонери дизайну протезів почали розвивати ідею спеціалізованих штучних кінцівок. Проекти протезів ставали все більш спеціальними й усе менш суто декоративними.

Нижче подано приклад штучної руки піаністки, яка 1906 р. виступала в Роял Альберт Холл у Лондоні. Накладні кінчики на великий палець і мізинець протеза давали змогу музикантці брати повністю одну октаву.



Уперше протези були запущені в серійне виробництво у відповідь на величезну кількість жертв у Першій світовій війні. Після 1917 р. основним протезом руки став пристрій під назвою «Німецька рука» (*Germania-arm*). Він складався з уніфікованих модулів, що давало змогу замінювати передпліччя на робочу частину. Протез був схожий на залізну рукавичку з п'ятьма пальцями, які за допомогою шестерні могли повертатися й фіксуватися, що допомагало утримувати предмети або зброю. Кріпився протез до руки шкіряними ременями.

Після Другої світової війни армійський госпіталь ім. Уолтера Ріда (США) виробляв безліч штучних кінцівок для ветеранів. На світліні продемонстровано інструмент для зварювання та інші інструменти, інтегровані в протези для інвалідів, які поверталися до роботи після війни.



Отже, підбиваючи підсумок розвитку протезів у світовій історії, можна сказати, що вони зазнавали суттєвих змін. Штучні кінцівки – від дерев'яних пальців до механізованих пристроїв – давали змогу своїм господарям не тільки відчувати себе повноцінними в суспільстві, а й частково повернути функції втраченого органа.

Подальший розвиток протезування верхніх кінцівок був спрямований на вдосконалення конструкцій приймальних гільз протезів та їх складових частин, систем кріплення та керування протезом. Дерево й залізо замінили полегшені метали й шаруваті пластики, термопластичні матеріали. Унаслідок протези стають легкими – зникає дисбаланс між травмованою частиною тіла та здоровою. Пластикові моделі ще й мають максимально реалістичний вигляд, допомагають власникові справлятися із сором'язливістю під час носіння протеза.

У кінці ХХ і початку ХІ ст. розвиток мікроелектроніки, матеріалознавства, медицини, нейрофізіології сприяв створенню біонічного протеза. Це електронно-механічний пристрій, що приводиться в рух нервовими імпульсами. Нейрофізіологічний принцип роботи біонічного протеза істотно спрощує управління ним, а також хоча б частково повертає пацієнтові відчуття володіння повноцінною кінцівкою.

Необхідно зазначити, що деякі протези, створені в минулих століттях, і до цього дня є основою для розроблення високотехнологічних біонічних протезів.

У посібнику описані конструкції протезів верхніх кінцівок і технології їх виготовлення, розроблені в межах науково-дослідних робіт, проведених в УкрНДІпротезування протягом останніх двох десятиліть. Переважну більшість розроблених в інституті конструкцій протезів нижніх кінцівок та способів їх виготовлення, а саме понад 10 винаходів, захищено патентами України.

Дисципліна «Конструювання та технології виготовлення протезів верхніх кінцівок» формує професійні знання та вміння майбутніх фахівців із біомеханічних і фізіологічних аспектів протезування верхніх кінцівок, основних технологічних операцій створення протезів. Набуті знання допоможуть фахівцям орієнтуватися в процесі призначення, проектування та виготовлення протезів верхніх кінцівок, оцінити їх якість і функціональність. Основний матеріал висвітлено в джерелах [1–25]. Аспекти підготовки фахівців за освітньою програмою «Ортопедичні технології та інженерія»

подано в публікаціях [26–28]. Додаткову літературу можна подивитися за посиланнями [29–67].

Навчальний посібник рекомендовано для студентів, що навчаються за спеціальністю «Біомедична інженерія» відповідно до освітньої програми «Ортопедичні технології та інженерія». Крім того, цей посібник може бути корисний для здобувачів усіх рівнів підготовки за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», зокрема в опануванні дисциплін освітнього складника підготовки докторів філософії за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», а саме: «Перспективні напрями та інтелектуальні засоби сучасної терапії», «Інженерія медичних знань» тощо.

# 1 МЕДИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОТЕЗУВАННЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

Ампутація верхньої кінцівки на будь-якому рівні насамперед означає втрату високофункціонального органа – кисті. Протезування, хоча й у неповному обсязі, відновлює втрачені функції верхньої кінцівки та забезпечує її косметичність. Призначення конструкцій протезів верхніх кінцівок визначається рівнем ампутації кінцівки, функціональністю кукси та станом фізичної активності пацієнта.

## 1.1 Рівні усічення верхніх кінцівок

За рівнем усічення кінцівки виокремлюють (рис. 1.1):

- на різних рівнях кисті (*partial hand*);
- вичленення в променезап'ястковому суглобі (*wrist disarticulation*);
- на рівні передпліччя (*trans-radial*);
- вичленення в ліктьовому суглобі (*elbow disarticulation*);
- на рівні плеча (*trans-humeral*);
- вичленення в плечовому суглобі (*shoulder disarticulation*);
- міжлопатково-грудинне вичленення (*scapulo-thoracic disarticulation*).

### *Ампутації на різних рівнях кисті*

За рівнем усічення розрізняють (рис. 1.2):

- ампутації на рівні зап'ястка (*carpals*);
- ампутації на рівні п'ястних кісток (*metacarpals*);
- ампутації на рівні п'ястно-фалангових суглобів I–V пальців кукси кисті (*phalanges*);
- повна ампутація пальця або декількох пальців.

У разі часткових ампутацій на рівні кисті згинання та розгинання зап'ястя зазвичай зберігаються. З використанням механічного або зовнішнього живлення можливо виконати функціональне ортопедичне протезування всієї руки чи одного або кількох відсутніх пальців. Схоплення та стискання часто можуть бути виконані за допомогою протиставлення деякої комбінації справжніх і протезних пальців.



Рисунок 1.1 – Розподіл верхньої кінцівки за рівнями ампутацій і за відсотками усічення відповідних сегментів

### ***Вичленення в променезап'ястковому суглобі***

У процесі вичленення в променезап'ястковому суглобі видаляють усі зап'ястні кістки, унаслідок чого втрачається можливість згинати або розгинати зап'ястя. Пронація та супінація найчастіше зберігаються, і плече важеля заміщає природню кисть і дає змогу підняти предмет. Функціональний протез для цього рівня має незначний косметичний недолік – довге передпліччя, ніж на контрлатеральному боці.

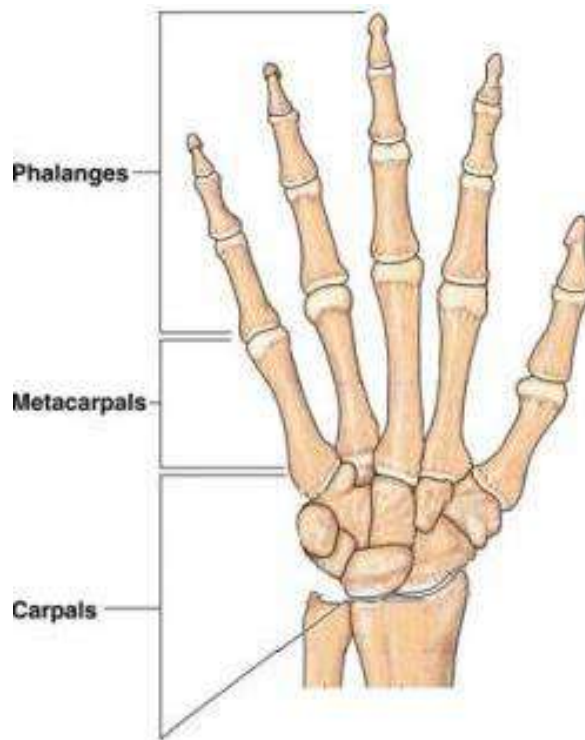


Рисунок 1.2 – Рівні ампутації кисті

### *Ампутації на рівні передпліччя*

Що довша кукса, то опороздатнішим буде плече важеля з більш повним збереженням пронації та супінації (рис. 1.3). Гільза протеза буде більш косметичною, якщо кукса закінчується не менше ніж на 2 см проксимальніше до зап'ястя, залишаючи таким чином достатній простір для протезних комплектувальних компонентів. Навпаки, дуже короткі кукси можуть не витримувати ваги протеза із зовнішнім джерелом енергії.

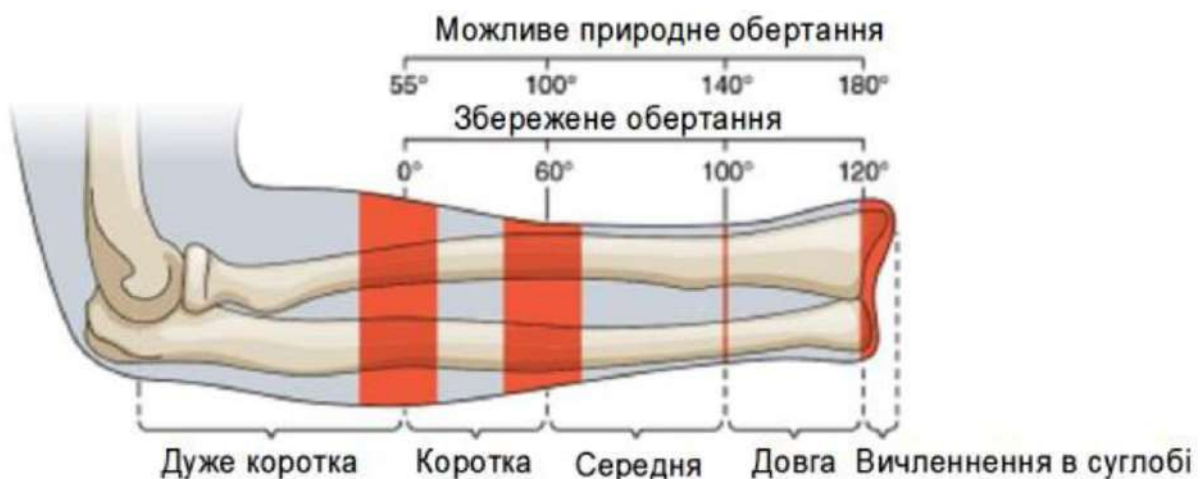


Рисунок 1.3 – Обсяг пронаційно-супінаційних рухів передпліччя залежно від рівнів усічення

### ***Ампутація на рівні плеча й вичленення в ліктьовому суглобі***

Більшість ампутацій через плечову кістку або вичленення в ліктьовому суглобі викликані травмами, найчастіше в молодих людей. Видалення пухлин – наступна причина ампутацій на цих рівнях, незважаючи на недавні успіхи в онкологічній хірургії щодо збереження кінцівки. У разі уражень передпліччя, що потребують радикального хірургічного втручання, може застосовуватися вичленення в ліктьовому суглобі.

За умови надвиросткових ампутацій на рівні плеча необхідно враховувати, що протезний ліктьовий вузол має довжину 4–6 см. Ампутація через хірургічну шийку плечової кістки функціонально еквівалентна вичлененню в плечовому суглобі, однак має значну косметичну перевагу, адже залишає ширину плечового суглоба й пахвових складок збереженою. Це полегшує утримання протеза порівняно з вичлененням у плечовому суглобі. Високі ампутації на рівні плеча також зберігають електроміографічні ділянки для користувачів міоелектричних протезів із дельтоподібною бугристістю, навіть за умови найбільш проксимального рівня ампутації.

Вичленення в ліктьовому суглобі продовжує залишатися дискусійним питанням, хоча воно забезпечує поліпшене втримання й керування ротацією протеза на культі. Крім того, повна довжина плечової кістки в разі вичленення не допускає використання міоелектричного ліктьового вузла. Однак вичленення – це кращий рівень для молодих людей.

Водночас реплантація травматично ампутованої кінцівки клінічно можлива. Відмінний потенціал неврологічного відновлення в дітей робить їх кращими кандидатами на реплантацію на майже будь-якому рівні. На сьогодні кількість реплантацій на рівні плеча в дорослих усе ще відносно мала. Адекватне керування ліктьовим суглобом у цих хворих досить передбачуване, тоді як відновлення функції зап'ястя й кисті обмежене. Після «успішної» реплантації на рівні плеча, з гарним керуванням ліктьовим суглобом, але малою функціональністю кисті й зап'ястя, має розглядатися ампутація на рівні передпліччя з метою добору функціонального обладнання для заміщення природної кисті. Така «сегментна реплантація» є прикладом нетрадиційного використання частин ампутованої кінцівки для збільшення функціональності. Оптимальний результат реплантації – більш функціональна верхня кінцівка, ніж та, що можлива під час протезування на рівні плеча.

### ***Міжлопатково-грудинне вичленення та вичленення в плечовому суглобі***

Ампутації через лопатково-грудинне та плечове зчленування (рис. 1.4) виняткові, хоча вони можуть бути призначені в разі запущених пухлин.

Здебільшого збереження кінцівки може бути досягнуте за допомогою ранньої діагностики, точної доопераційної локалізації пухлини, допоміжної хіміотерапії, нових технологій у сфері консервації тканин і конструкцій ендопротезів.

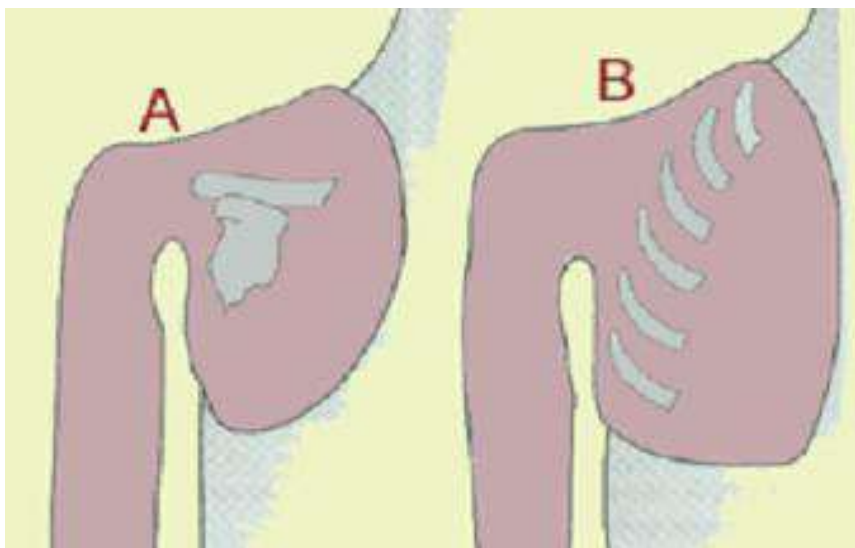


Рисунок 1.4 – Вичленення в плечовому суглобі (А);  
міжлопатково-грудинне вичленення (В)

До втрати верхньої кінцівки в плечовому суглобі може також призвести серйозна травма, однак менше ніж 3% травматичних ампутацій верхньої кінцівки відбувається на цих рівнях. Усі інші причинні фактори зустрічаються нечасто. Значна більшість травматичних ампутацій у плечовому суглобі відбувається внаслідок дії сил витягування, що дуже ускладнює відновлення структурної цілісності. Крім того, найчастіше ці ураження торкаються лопатково-грудинного зчленування, а не плечового суглоба.

Деформація внаслідок міжлопатково-грудинного вичленення дуже некосметична, тому, якщо можливо, лопатка має бути збережена, що зменшить фізичне спотворювання й психологічний стрес пацієнта. Це особливо стосується жінок, тому що за умови міжлопатково-грудинного вичленення ушкоджується місце прикріплення великого грудного м'яза, який регулює симетрію грудної клітки.

Ампутація через хірургічну шийку плечової кістки функціонально еквівалентна вичлененню в плечовому суглобі, є її альтернативою, оскільки більш косметична, а збереження ширини головки плечової кістки й об'єму дельтоподібного м'яза дає змогу поліпшити утримання протеза на культі й за необхідності розмістити міоелектричний протез.

Успіхи в судинній хірургії дали змогу ефективно відновлювати кровообіг у сильно постраждалих кінцівках. Однак реплантація кінцівки, ампутованої

в плечовому суглобі, призначається винятково. Реплантацію можна використовувати, якщо ступінь кісткових і неврологічних уможливорює репарацію або відновлення. Особливо це стосується дуже молодих хворих, у яких більш імовірна неврологічна й функціональна рекуперація. Ризики в разі реплантації кінцівки, що мають бути враховані, залежать від загального стану хворого й можливістю метаболічної токсичності, пов'язаної із тривалою тепловою ішемією втраченої кінцівки.

Функціональність протеза зворотно пропорційна рівню ампутації. Здатність до освоєння тягового протеза значно зменшується в людей з ампутацією на рівні плечового суглоба. Однак дуже раннє протезування, що дає змогу швидко повернутися до дворучних дій, може збільшити позитивну реакцію на протез на цих рівнях. Міоелектричні протези здатні забезпечити більшу функціональність і, ймовірно, збільшити рівень позитивної реакції, хоча витрати на протезування набагато вищі.

## **1.2 Загальні концепції щодо призначення протезів верхніх кінцівок**

Призначення конструкцій протезів верхніх кінцівок залежить від функціональних можливостей пацієнтів із порушеннями функцій верхніх кінцівок. Від цього чинника залежить функціональність протезних виробів, якими забезпечуються пацієнти.

### **1.2.1 Оцінювання функціональних можливостей особи, яка має порушення функцій верхніх кінцівок і потребує протезування**

Функціональні можливості осіб з порушеннями функцій верхніх кінцівок залежать від таких критеріїв:

- ступеня втрати функціональних можливостей (залежно від рівня ампутації);
- клінічного стану пацієнта;
- особливостей кукси;
- загальних фізичних властивостей особи;
- особистої мотивації пацієнта до відтворення косметичних властивостей кінцівки та компенсації втрачених функцій кінцівки;
- побутово-соціальних обставин (умов користування протезом, умов побутових і професійних дій, умов пересування, проживання).

Ступінь втрати функціональних можливостей залежно від рівня ампутації наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Залежність ступеня втрати функціональних можливостей пацієнта від рівня ампутації

<b>Ступінь втрати функціональних можливостей</b>	<b>Рівні ампутації</b>
ступінь 1 (незначні функціональні обмеження)	кукси на різних рівнях кисті та пальців
ступінь 2 (помірні функціональні обмеження)	кукси на рівні зап'ястка; кукси після вичленення в промене-зап'ястковому суглобі; кукси передпліччя; кукси після вичленення в ліктьовому суглобі
ступінь 3 (значні функціональні обмеження)	кукси плеча; кукси після вичленення в плечовому суглобі; кукси після міжлопатково-грудинної ампутації

### ***Стан кукси та її параметри***

У процесі оцінювання клінічного стану особи визначають такі чинники:

#### Форма кукси

Форма кукси може бути циліндричною, конічною, булавоподібною. Циліндрична форма найчастіше спостерігається в ранні терміни після ампутації та до користування протезом. Вона властива для кукс передпліччя та плеча у верхній третині. Конічна форма може бути помірно конічною та різко конічною. Помірно конічна найбільш часто спостерігається в осіб, що користуються протезом (за винятком коротких кукс). Вона є зручною для виготовлення приймальної гільзи протеза. Різко конічна форма кукси найчастіше спостерігається в дітей після ампутації з високим урізанням м'яких тканин, якщо мають місце різко виражені атрофічні процеси (причиною їх може бути й неправильне протезування). Такі кукси підлягають лікуванню, а в поєднанні з вадами дистального відділу кукси – реампутації. Булавоподібні кукси утворюються після вичленення в суглобі або внаслідок кістковопластичних операцій у межах епіфіза кістки. Така форма кукси може також виникати через набряк або застійні явища в дистальному відділі. У разі вичленення в суглобі необхідна спеціальна гільза, якщо є набряк – необхідне лікування до протезування.

#### Стан тканин кукси

Рубці можуть бути лінійними й неправильної форми, невеликими і великими, рухливими й нерухомими (спаяними з підлеглими тканинами);

келоїдними, болісними й безболісними під час пальпації, з ділянками виразок і потертостями; втягнутими. Протезування ускладнюють великі, нерухомі (зрощені з підлеглими тканинами) келоїдні хворобливі рубці. Для протезування дуже важливе розташування рубця. Якщо він розташований на робочих поверхнях кукси, то це значно ускладнює протезування. Якщо в процесі користування протезом на рубцях з'являються потертості й виразки, то необхідна пластична операція.

Невроми – це розростання нервової тканини на кінцях перерізаних нервів. Їх визначають обережною пальпацією м'яких тканин. Форма й розміри невром різні. Невроми рухливі, не спаяні з навколишніми тканинами, як правило, безболісні й не перешкоджають протезуванню, хоча болять під час пальпації. Невроми, спаяні з тканинами, особливо з великими рубцями, викликають місцеві болі. Неприємні відчуття посилюються в разі скорочення м'язів і рухів кукси, не даючи змоги користуватися протезом. Їх треба видаляти.

Болі різної інтенсивності, місцеві або фантомні, можуть виникати в куксах верхньої кінцівки. Вони не завжди пов'язані з розростанням нерва, можуть обумовлюватися запальним процесом у нерві або здавленням нервового стовбура рубцевою тканиною. Запалення потребує консервативного лікування, здавлювання – оперативного.

#### Стан кісткового опилу

Цей чинник має важливе значення для протезування. Опил кістки, виконаний перпендикулярно її поздовжньої осі, гладкий, без гострих країв, безболісний, найбільш зручний для протезування. Загострений опил неправильної форми перешкоджає протезуванню, тому що може викликати травмування тканин кукси (необхідна операція). Випнутий опил променевої кістки в сукупності з її рухливістю також перешкоджатиме протезуванню, викликаючи біль у культі за умови її навантаження. Необхідне оперативне лікування – більш проксимальне усічення променевої кістки. Синостоз на місці опилу кісток передпліччя, хоча й обмежує ротацію, не є протипоказанням до протезування.

#### Остеофіти

Остеофіти можуть бути різної форми, величини, напрямку. Вони можуть не перешкоджати протезуванню. Перешкоджають протезуванню остеофіти загостреної форми, що розташовуються перпендикулярно. Вони здатні викликати травматизацію м'яких тканин, перешкоджаючи протезуванню. Їх треба видаляти, як і остеофіти, спаяні із судинами або невромами.

Остеомієліт обумовлює хворобливість кінця кукси, набряк, інфільтрат, гіперемію, свищі з гнійними або сірково-гнійними виділеннями.

Лігатурні свищі можуть утворюватися на культі через застосування після операції шовкових лігатур (ниток). Наявність остеомієліту або лігатурного свища є протипоказанням до протезування.

#### Кровообіг

Оцінюють колір шкірних покривів, температуру (на дотик), наявність набряків.

#### М'які тканини кукси

Оцінюють об'єм, щільність, больові відчуття.

#### Функція суглобів та м'язів

Рухливість у проксимальних суглобах кукси. Рухливість у збережених суглобах верхньої кінцівки визначає функціональні можливості протезованої кінцівки. Вісь верхньої кінцівки в нормі визначають за умови положення розгинання в ліктьовому суглобі й супінації передпліччя. У нормі вісь проходить крізь головки плечової, променевої та ліктьової кісток. Часто в такому положенні ліктьовий суглоб виступає від осі (вальгус ліктьового суглоба). У чоловіків кут між віссю передпліччя і віссю плеча у фронтальній площині становить  $1^{\circ}$ – $9^{\circ}$ , у жінок –  $15^{\circ}$ . За умови пронації вальгус у лікті зменшується. У разі відхилення рухливості в суглобах від норми вимірюють кути максимального згинання й максимального розгинання. Якщо є можливість, необхідно способом хірургічного втручання ліквідувати контрактири в збережених суглобах.

#### Оцінювання сили м'язів

Оцінюють будь-яке зменшення м'язової сили, що суттєво впливає на функціонування. М'язову силу має бути виміряно об'єктивно. Суб'єктивне судження щодо того, чи є суттєве зменшення сили м'язів, має бути обґрунтовано на визнанні того, чи було виявлено достатню силу, щоб стабілізувати проксимальний суглоб із куксою в правильно припасованій гільзі. У процесі планування використання протеза із зовнішнім джерелом енергії оцінюють спроможність м'язів до скорочення (створювати міосигнал).

#### Вимірювання довжини кукси

Вимірювання довжини кукси буде детально розглянуто в розділі «Технології виготовлення протезів верхніх кінцівок». Наразі подаємо лише основну інформацію.

Довжина кукси – проєкція між двома розпізнавальними точками: першою точкою для всіх кукс є рівень дистального опилу кістки або дистального відділу м'яких тканин (за умови їх надлишку). Друга точка різна. Для кукси пальців, кисті – це рівень проксимального суглоба, для кукси передпліччя – зовнішній виросток плеча, для кукси плеча – акроміон лопатки.

Для протезування більш важливою є функціональна довжина кукси:

– для кукси перших фаланг пальців – від рівня міжпальцевої складки;

– для кукси передпліччя – від передньої ліктьової складки (у положенні згинання на 90°);

– для кукси плеча – від нижнього краю великого грудного м'яза (на внутрішній поверхні).

Окружність кукси вимірюють на трьох рівнях, якщо кукса коротка – на 1–2 рівнях; якщо булавоподібна – додатково на рівні булавоподібного розширення.

#### Загальний клінічний стан особи

Оцінюють:

– функції контрлатеральної (збереженої) кінцівки (функції кисті та всієї кінцівки);

– загальні фізичні характеристики (стан серцево-судинної системи, стан функцій тулуба, нижніх кінцівок, стан функцій органів слуху та зору тощо);

– наявність порушень інших систем організму, що можуть впливати на протезування.

Мотивація та сприйняття потреб людини мають помітний вплив на реабілітацію. Вони взаємозалежні й на них впливають клінічний стан людини, особисті чинники й фізичне, соціальне, культурне оточення. Мотивацію важко описати, але хворих як із низькою, так і з високою мотивацією може бути ідентифіковано клініцистами.

### **1.2.2 Протипоказання до призначення протезів верхніх кінцівок**

Обговорюючи питання про протипоказання до призначення протезів після ампутації верхніх кінцівок необхідно зазначити, що міжнародні угоди забороняють визначати протипоказання до призначення протезів, бо це вважається порушенням прав людини. Інша справа, якщо рішенням лікаря або комісії може бути запропонований той чи інший обсяг використання протезів. Наприклад, для пацієнтів із вираженими порушеннями діяльності серцево-судинної системи, для яких небезпечні фізичні навантаження, протез верхньої кінцівки може виконувати функцію компенсації косметичного дефекту.

Для хворого з тяжкими змінами психіки можуть виникнути обмеження в призначенні складних у керуванні багатофункціональних комбінованих протезів із використанням зовнішніх джерел енергії. Водночас протипоказання до протезування можуть теоретично виникнути лише в разі відмови особи з інвалідністю або його опікунів від протезування взагалі.

У багатьох, навіть сучасних, посібниках із протезування зазначається, що після ампутації верхніх кінцівок рекомендується обмежити показання до призначення протезів у разі хронічних захворювань, фантомних болів, дефектів і захворювань м'яких тканин кукси.

Протипоказання до протезування можуть бути тимчасовими, відносними та абсолютними, як наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Медичні протипоказання до призначення протезів верхніх кінцівок (відповідно до МКХ)

<b>Тимчасові</b>	<b>Відносні</b>	<b>Абсолютні</b>
<p>T92.6 Віддалені наслідки розтрощення та травматичної ампутації верхньої кінцівки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– порочні рубці;</li> <li>– надлишок м'яких тканин на торці кукси;</li> <li>– булавоподібність;</li> <li>– вистояння кісткового опилу під шкіру</li> </ul> <p>M24.5 Контрактура суглоба</p> <p>M24.6 Анкілоз суглоба</p> <p>T98.3 Віддалені наслідки ускладнень хірургічних і терапевтичних утручань:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– лігатурні нориці;</li> <li>– болісні невроми;</li> <li>– болісні остеофіти;</li> <li>– остеомієліт</li> </ul>	<p>L40 Псоріаз</p> <p>L23 Алергічний контактний дерматит</p> <p>I20–I25 Ішемічна хвороба серця</p> <p>J40–J47 Хронічні хвороби нижніх дихальних шляхів</p> <p>H40 Глаукома</p> <p>H25 Стареча катаракта</p> <p>D16 Доброякісне новоутворення кісток та суглобових хрящів</p> <p>D23.6 Доброякісні новоутворення шкіри верхньої кінцівки, також ділянка плечового пояса</p> <p>G00–G09 Загальні хвороби центральної нервової системи</p> <p>G10 Хвороба Гантінгтона</p> <p>G35 Розсіяний склероз</p> <p>G40 Епілепсія</p> <p>I69 Наслідки цереброваскулярних хвороб</p>	<p>H54 Сліпота та знижений зір</p> <p>G30 Хвороба Альцгеймера</p> <p>G 31 Дегенеративні хвороби нервової системи</p> <p>G32.0 Підгостра комбінована дегенерація спинного мозку внаслідок хвороб, класифікованих в інших рубриках</p> <p>G35 Розсіяний склероз</p> <p>F00–F09 Органічні, зокрема симптоматичні, психічні розлади</p> <p>F20 Шизофренія</p> <p>F70–F79 Розумова відсталість</p> <p>J46 Астматичний стан</p> <p>S40 Злоякісне новоутворення кісток і суглобових хрящів кінцівок</p> <p>C43.6 Злоякісна меланома верхньої кінцівки, зокрема і ділянки плечового суглоба</p>

За умови абсолютних протипоказань протезування не виконується. До користування протезом (у процесі його виготовлення) всі тимчасові протипоказання мають бути усунені.

Необхідно, щоб застосовувана конструкція протеза не обмежувала функції збережених проксимальних суглобів верхньої кінцівки, в іншому випадку протезування зменшує кількість ступенів свободи верхньої кінцівки, що суперечить цілям протезування.

### **1.3 Контрольні завдання**

1. Назвіть рівні усічення верхньої кінцівки та схарактеризуйте їх.
2. Поясніть, від чого залежать функціональні можливості особи з порушеннями функцій верхніх кінцівок, яка потребує протезування.
3. Назвіть, що визначають унаслідок оцінювання клінічного стану.
4. Перелічіть протипоказання до призначення протезів верхніх кінцівок.

## 2 КОНСТРУЮВАННЯ ПРОТЕЗІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

### 2.1 Класифікація протезів верхніх кінцівок

Протези розрізняють за:

- рівнем ампутації;
- конструктивним виконанням;
- функціональним призначенням;
- способом управління.

*За рівнем ампутації виокремлюють протези:*

- пальців;
- кисті;
- після вичленення в променезап'ястковому суглобі;
- передпліччя;
- після вичленення в ліктьовому суглобі;
- плеча;
- після вичленення плеча;
- після міжлопатково-грудинної ампутації.

*За конструктивним виконанням розрізняють протези:*

- екзоскелетовані – протез, зовнішнє навантаження в якому припадає на зовнішній каркас, виконаний у вигляді оболонки, що відтворює зовнішній вигляд кінцівки;
- ендоскелетовані – протез кінцівки, зовнішнє навантаження в якому припадає на внутрішній каркас, а зовнішній вигляд кінцівки відтворюють косметичні елементи.

*За функціональністю визначають протези:*

- пасивні (косметичні);
- функціонально-косметичні;
- функціональні (активні).

Пасивні (косметичні) протези відтворюють форму й зовнішній вигляд відсутньої частини верхньої кінцівки (рис. 2.1).

Крім того, пасивний протез вирішує проблему балансування маси тіла (тобто повернення центра ваги тіла до його попереднього стану). Необхідно зазначити, що в ампутантів (осіб з інвалідністю після ампутації кінцівки), які нехтують носінням протеза, плече на боці ампутації піднімається вище щодо

збереженого. Це призводить до викривлення хребта. Жодних функцій здорової руки (за винятком тримання, упору і под.) косметичний протез не виконує.

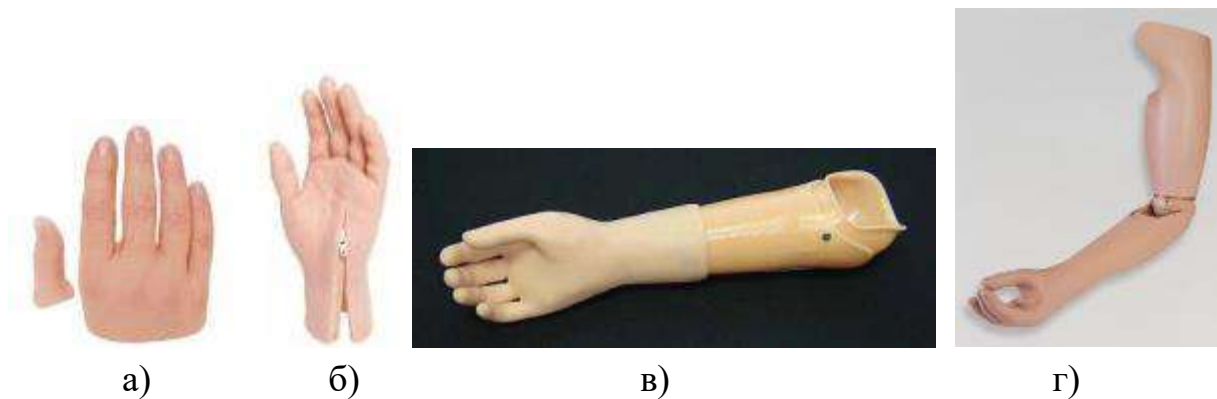


Рисунок 2.1 – Приклади пасивних протезів:  
а – пальців, б – кисті; в – передпліччя; г – плеча

Функціонально-косметичні протези дають змогу здійснювати пасивні рухи в різних зчленуваннях (променезап'ястковому, ліктьовому, плечовому) і навіть пасивну функцію схоплення під дією сил, доданих іззовні (наприклад, розкриття пальців кисті здоровою рукою).

Функціональні (активні) протези відтворюють форму й зовнішній вигляд відсутньої верхньої кінцівки або частини кінцівки з одночасним забезпеченням компенсації деяких її функцій (рис. 2.2).

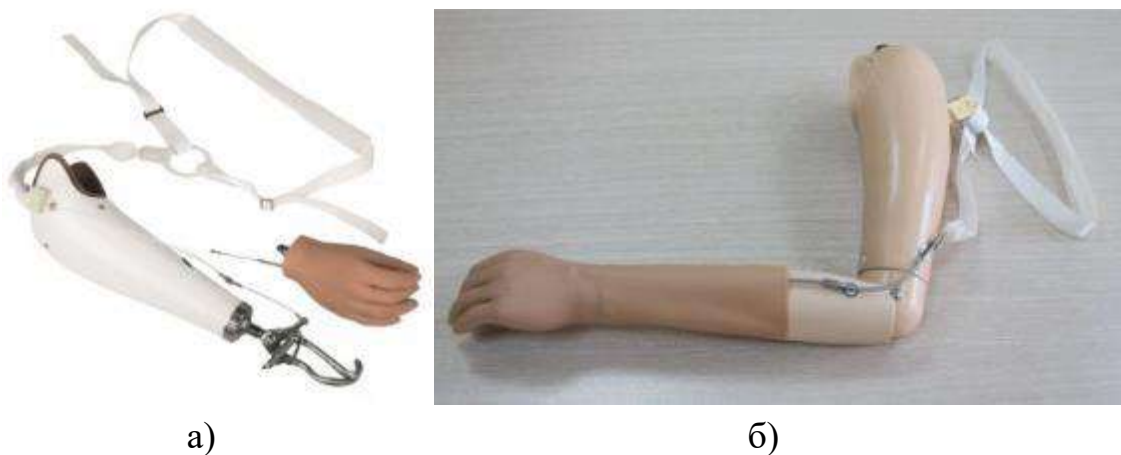


Рисунок 2.2 – Приклади функціональних протезів:  
а – передпліччя; б – плеча

Вони містять механізми, що допомагають здійснювати активні рухи у великих суглобах кінцівки й частково відновлювати втрачені функції під час самообслуговування та виробничої діяльності. Водночас характер руху ланок протеза й конструктивне його виконання імітує здорову кінцівку, що достатньо маскує дефект. Дуже істотним є і використання пасивної рухливості з'єднань –

ротації кисті та передпліччя, променезап'ясткового суглоба, що забезпечує важливу для функціонального протеза просторову орієнтацію кисті.

Функціональні протези верхніх кінцівок дають змогу пацієнтові:

– переносити, переміщати й маніпулювати об'єктами;

– відтворювати точні рухи кисті: підбирання (підйом чи взяття предмета малого розміру кистю та пальцями, наприклад взяття олівця зі столу), схоплення (використання однієї чи обох кистей рук, щоб схопити й утримати що-небудь, наприклад схоплення інструмента), маніпулювання (здійснення необхідних дій із предметами малого розміру), відпускання (застосування пальців і кистей рук, щоб звільнити що-небудь так, щоб це впало чи змінило положення), притягування (використання пальців і кистей рук, щоб перемістити предмет до себе чи з одного місця на інше), відштовхування (залучення пальців і кистей рук, щоб перемістити що-небудь від себе), витягування (використання кистей рук, щоб дістати, торкнутися та схопити що-небудь), обертання чи згинання (залучення пальців і кистей рук, щоб обертати, повертати чи згинати об'єкт), кидання (використання пальців і кистей рук, щоб узяти що-небудь і відкинути з деякою силою), схоплення (використання пальців і кистей рук, щоб схопити об'єкт, який рухається, для зупинення й утримання);

– самообслуговуватися: приймати їжу (виконувати координовані дії та вимоги під час прийому їжі, підносити її до рота, вживати її культурно прийнятними способами, а саме: різати, використовувати столовий набір); пити (приймати напої, підносити їх до рота, змішувати, розмішувати й розливати рідини, відкривати пляшки); одягатися (надягати й знімати одяг, взуватися й роззуватися); виконувати фізіологічні відправлення, гігієнічні процедури;

– робочі – протези, основною складовою частиною яких є кінцевий пристрій у вигляді насадки, і призначені для виконання користувачем побутових і робочих операцій (рис. 2.3).

Розрізняють:

– комбіновані, функціональні, функціонально-косметичні протези, в яких кисть (косметична, пасивна, функціональна) може бути замінена на робочі насадки або активне схоплення (гачок). Установлення їх здійснюється за допомогою спеціального адаптера та променезап'ясткового шарніра;

– робочі протези з комплектом знімних насадок і пристосувань, що мають типовий хвостовик і встановлюються в приймач робочого протеза.



а)

б)

Рисунок 2.3 – Приклади робочих протезів із насадками:  
а – передпліччя; б – плеча

Насадки можуть бути: 1) активні й пасивні, 2) спеціальні та універсальні, 3) призначені для виконання конкретної операції або утримання різних предметів та інструментів. Спеціальні пристрої, що допомагають особам з інвалідністю в самообслуговуванні, можуть бути стаціонарними й переносними, призначеними для різних цілей: самообслуговування, користування предметами побуту, навчання, занять спортом, дозвілля й под.

*За способом управління розрізняють протези:*

- керовані рухами тіла – відтворюють форму й зовнішній вигляд відсутньої частини кінцівки, у яких виконавчі механізми приводяться в дію зусиллями користувача;

- із зовнішнім джерелом енергії – відтворюють форму й зовнішній вигляд відсутньої частини верхньої кінцівки з одночасним відновленням деяких її функцій і приводяться в дію зовнішніми джерелами енергії (здебільшого електричної).

## 2.2 Біомеханічні основи протезування після ампутації верхніх кінцівок

Найбільш поширеними є механічні протези, керовані рухами тіла (з тяговим керуванням). Такі пристрої приводяться до руху за допомогою тяг, завдяки переміщенню рухомих сегментів усіченої кінцівки та плечового пояса. Функція схоплення кисті та інші функції в них здійснюються завдяки передачі зусилля через гнучкі тяги на виконавчі механізми.

Одним з основних завдань побудови протезів із тяговим керуванням є обґрунтований вибір компенсаторних рухів усіченої кінцівки та тулуба для керування протезом. Функціональний протез із тяговим керуванням

має забезпечити виконання основних побутових і простих робочих операцій за умови можливо менших компенсаторних рухів.

Більш досконалим прийнято вважати такий протез, у керуванні яким компенсаторні рухи мінімальні й рухи протезом наближаються до природних. Отже, недоліком механічних протезів є необхідність виконання спеціальних рухів для натягнення тяг, відповідно, керування протезом. Ці рухи, як правило, неестетичні, а постійне натягнення тяг може викликати значний дискомфорт.

У разі ампутації верхньої кінцівки на будь-якому рівні сформований з дитинства стереотип виконання рухових функцій зберігається, але реалізувати його з допомогою протезування неможливо, оскільки:

- 1) довжини сегментів протеза не відповідають довжині сегментів здорової кінцівки;
- 2) маси сегментів, а отже, центри їх мас змінюють своє розташування;
- 3) робота штучних шарнірів не відповідає роботі природних сегментів кінцівки.

Отже, керування механізмами функціонального протеза може наближатися, але не відповідає стереотипу виконання відповідних функцій здорової руки. Так, у разі вичленення в плечовому суглобі для створення всіх ступенів свободи відсутньої руки необхідно, щоб протез мав 27 незалежних механізмів, за умови ампутації передпліччя – 22 і по 4 механізми на кожен палець. Протез не має бути копією руки людини. Важливо, щоб він відповідав схемі її побудови, а наявність великої кількості ступенів свободи є біологічним резервуванням. Можна виокремити основні рухи верхньої кінцівки, що беруть участь у виконанні різноманітних робочих і побутових дій:

- 1) винос кінцівки вперед і назад (згинання / розгинання плеча);
- 2) відведення / приведення плеча;
- 3) обертання навколо подовжньої осі плеча (ротація плеча);
- 4) згинання / розгинання в ліктьовому суглобі;
- 5) ротація (пронація / супінація) передпліччя;
- 6) згинання / розгинання, відведення / приведення кисті у променезап'ястковому суглобі;
- 7) розгинання (розкриття) і згинання (схоплення) пальців кисті.

Функція цих рухів і можливості компенсації їх засобами протезування (або ступенем рухомості збережених суглобів) різноманітні. Оскільки основною функцією руки є схоплення й утримання предметів, а потім переміщення їх у середовищі, то основною необхідною функцією протеза є схоплення кистю предмета.

### *Загальні функціональні завдання протеза*

Насамперед важливо, щоб протез задовольняв певні базові вимоги, серед яких мінімальна вага, свобода рухливості для збереженої кінцівки, комфорт під час використання, косметична естетичність.

Функціонально протез верхньої кінцівки має:

- давати змогу виконувати функцію схоплення з можливістю досягти точки в просторі поруч із тілом, схопити й підняти об'єкт, утримувати й переміщувати, а потім відпускати його;
- на відміну від протезів для нижніх кінцівок, відповідати функціональним цілям у набагато меншому ступені, наприклад, дії схоплення відтворюються тільки механізмом із чітким схопленням;
- бути підвішеним близько до тіла, щоб уникнути його відриву під час функціональних дій, таких як схоплення або переміщення об'єктів;
- уміти контролювати рухи та взаємодіяти з користувачем;
- поліпшати сприйняття об'єкта (текстура, твердість, вага та інші характеристики);
- відновлювати баланс, симетрію маси тіла, що була втрачена через ампутацію;
- перерозподіляти центр ваги тіла, забезпечуючи кращий контроль постави, уникаючи неправильних положень хребта, особливо в дітей.

Сучасні методи виготовлення зосереджені на розробленні конструкцій, що відтворюють шість основних рухових функцій верхньої кінцівки: розкриття / закриття кисті, пронація / супінація передпліччя та флексія / екстензія ліктя. Ці функції можуть бути досягнуті за допомогою силових здібностей тіла (звичайні протези) або зовнішнього джерела енергії.

### *Механізми дії протеза*

Протез верхньої кінцівки виконує функцію захвату, основу на передачі енергії від проксимального кінця кукси до кінцевого пристрою (компонента, що взаємодіє з довкіллям).

Отже, утворюється кінематичний ланцюг, що відтворює деякі прості рухи розкриття / закриття в кінцевому пристрої. Зазвичай це захватний пристрій (схожий на пінцет), що дає змогу користувачеві схоплювати або відпускати предмети.

У звичайному функціональному протезі активація, зупинка й контроль кінцевих пристроїв є керованими. Енергетична функція або динаміка руху іде від самого користувача. Механічна енергія, що генерується скороченням м'язів, посилюється через тягове управління й систему кабелів. Уся ця механічна

енергія концентрується на кінцевому пристрої, забезпечуючи його функціональну дію. Управління кінцевим пристроєм здійснюється шляхом тягового управління, через абдукції лопатки, згинання плеча або їх комбінацію.

Якщо протез із зовнішнім джерелом енергії, активація, зупинка й управління системою здійснюється від електроміографічного сигналу, тобто від електричного потенціалу, що генерується довільним скороченням м'язів. Ці сигнали диференціюються, посилюються, коригуються та передаються через з'єднувальні кабелі для забезпечення надійного контролю. Сигнали використовуються для «запуску» перемикача протеза кисті, гачка або ліктя. Електроди або датчики вбудовані в стінку гільзи, щоб нарощувати м'язовий потенціал у разі скорочення. Потенціал або динаміка передаються на невеликі електродвигуни, що активують кінцевий пристрій і живляться від перезарядки електричної батареї, і відбувається перетворення електричної енергії в механічну. Протез із зовнішнім джерелом енергії не потребує рухів плечей або тіла.

Кріплення гільзи до кукси може бути досягнуто з урахуванням біомеханічних принципів. Завдяки хорошому дизайну й виготовленню гільзи, з щільним і повним контактом уздовж поверхні кукси, підвіска може бути припасована завдяки ефекту підгонки. Крім того, гільза може бути сформована в обхваті анатомічних особливостей кукси, наприклад, збільшуючи тиск або здавлюючи куксу в певних точках. Тяговий бандаж, який складається з ременів, поясів тощо, може використовуватися в комбінації з іншими методами конструкції підвісної гільзи чи ізольовано.

Детально конструкцію та принципи дії систем керування буде розглянуто в наступних розділах.

### ***Фактори, від яких залежить функціональний потенціал протеза***

#### ***Індивідуальні фактори***

Інтелектуальні здібності, мотивація та прагнення людини, а також чинники, пов'язані із сім'єю, трудовою діяльністю або соціальним середовищем, важливі для досягнення успішного функціонального результату.

#### ***Фактори, пов'язані з хірургічним або реабілітаційним лікуванням***

Дуже важливо враховувати рівень ампутації та техніку хірургічної операції. Під час ампутації має бути видалена вся пошкоджена тканина, створено умови для загоєння хірургічної рани й відновлена функціональність кукси, яка забезпечує максимальний функціональний потенціал. Це необхідно оптимізувати як з рухового, так і з сенсорного аспекту, і має передбачати

кріплення протеза. Для цього важливо, щоб кукса була рухливою, мала хороший м'язовий тонус і була безболісною.

### ***Фактори, що впливають на протез***

Зазначені фактори впливають на функціональні результати й можуть бути згруповані таким чином:

#### *Фактори, які впливають на куксу – інтерфейс протеза*

Зокрема адаптація користувача до свого протеза. Це залежить здебільшого від двох основних чинників – типу гільзи й типу кріплення та керування.

#### *Фактори, пов'язані з додатковими компонентами*

Вибір додаткових протезних механізмів і компонентів є важливим для функціональних результатів протезування. Вони дають змогу розташувати кінцевий пристрій протеза в різних точках простору, щоб забезпечити його функціональні дії.

#### *Фактори, пов'язані з кінцевим пристроєм*

Вибір механізму кінцевого пристрою визначає основні й функціональні дії протеза. Крім косметичного протеза, який не передбачає рухливості, усі кінцеві пристрої забезпечують тип захватного пристрою (розкриття й закриття) для вмілого поводження з предметами й перенесення предметів і/або для взаємодії з докільцям.

У призначенні протеза необхідно враховувати всі описані фактори: конструкцію протеза й вибір комплектувальних компонентів, а також індивідуальні чинники. У такий спосіб можна забезпечити максимальну функціональну продуктивність після ампутації. Важливо пам'ятати, що призначення протеза не обов'язково означає вибір найскладніших, новітніх або найдорожчих компонентів. Беручи до уваги всі фактори, описані вище, під час консультації з пацієнтом лікар зможе обрати відповідну конструкцію для кожного окремого випадку.

## **2.3 Конструкції протезів верхніх кінцівок**

### **2.3.1 Протез після часткової ампутації кисті та/або на рівні п'ястних кісток**

#### ***Показання й застосування***

Протези в разі часткової ампутації кисті або на рівні п'ястних кісток мають відповідати трьом основним факторам: функціональність, косметичність і психологічні чинники. Протез для цих рівнів ампутації рекомендується

пацієнтам, які мають хорошу мотивацію, бажання користуватися протезом і його прийняття.

### ***Основні характеристики протезів:***

- Відновлення або поліпшення втраченої функції внаслідок ампутації або вроджену ваду розвитку верхньої кінцівки. Для повного відновлення функції руки необхідно замінити рухові й сенсорні функції. Рухові завдання руки, які можуть бути виконані за допомогою протезів верхніх кінцівок, на цей час обмежуються захватом (за допомогою пристрою у вигляді пінцета), перенесенням і відпусканням предметів.

- Відновлення або поліпшення симетрії та балансу маси тіла за допомогою ваги протеза. Незважаючи на те, що це лише невеликий сегмент тіла, удосконалення можуть бути досягнуті:

- у симетрії контролю постави шляхом перерозподілу центра ваги тіла;

- в оптимізації механізмів ходьби, основаних на передачі кінетичної енергії між усіма сегментами тіла, зокрема верхня кінцівка або відповідний протез.

- Забезпечення захисту кукси, особливо на гіперчутливих ділянках або тендітних поверхнях шкіри.

- Допомога в передачі сенсорами зворотного зв'язку, що отримується крізь шкіру кукси.

- Закріплення й підвішування протеза, щоб запобігти його сповзання, особливо під час виконання функціональних завдань.

### ***Основні функції протезів кисті***

Протези внаслідок часткової ампутації кисті призначають для відновлення функції кисті. Протез дає змогу користувачеві утримувати предмети й водночас передає сенсорну інформацію крізь шкіру до культі. У разі ампутації одного або декількох пальців кисті (за винятком великого пальця) схоплювальна дія досягається за допомогою дії пристрою у вигляді пінцета. Найбільша проблема з цими типами протезів – погана косметика. Для ампутації великого пальця необхідний адаптований протез, що дає змогу протиставленню залишковому пальцю або пальцям.

Функціональні протези розрізняються за рівнем ампутації:

- ампутація великого пальця;

- ампутація одного або кількох із чотирьох інших пальців;

- трансметакарпальна ампутація (ампутація п'ясткової кістки)

на дистальному або проксимальному рівні.

### ***Протез після ампутації великого пальця***

Протез у разі ампутації дистальної фаланги великого пальця призначений здебільшого для косметичних цілей. За умови ампутації через проксимальну фалангу або ампутації всієї проксимальної фаланги можна використовувати протез, виготовлений із смоли з неопреновою долонною поверхнею. Один ремінець навколо зап'ястя підтримує правильне положення (рис. 2.4). Протези також можуть бути виготовлені з поліестеру або ламінованої акрилової смоли з проксимальним кріпленням, що захоплює долонну й дорсальну частину кисті, і знову фіксується застібкою на липучці. Протез може мати косметичне покриття із силікону, що повторює поверхню шкіри користувача і його нігтя. Необхідно дотриматися розміру й форми ампутованого великого пальця для того, щоб інші пальці здійснювали функції схоплення.

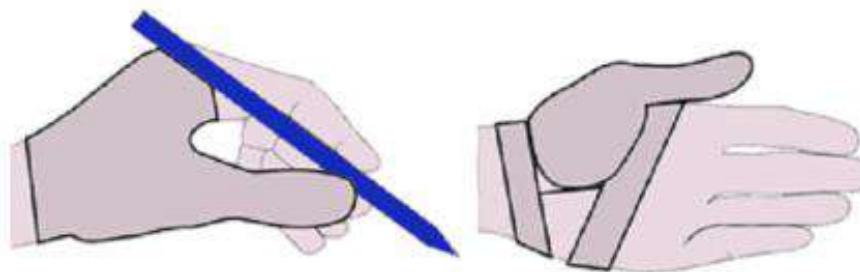


Рисунок 2.4 – Приклад протеза після ампутації великого пальця

### ***Протез після ампутації одного або кількох пальців кисті***

Також як і в разі ампутації великого пальця, протези для інших пальців можуть бути виготовлені для косметичної естетичності або для виконання основних функціональних завдань, таких як схоплення.

На сьогодні широко застосовуються типорозмірні протези. Протези є еластичною полімерною деталлю, що має приймальну порожнину, яка одягається на куку й утримується на ній завдяки еластичності матеріалу (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Приклад протеза після ампутації одного або декількох пальців

Адаптований протез необхідний для виконання завдань, що вимагають опозиційної функції (протез-протиупор). Цей протез може мати різні форми відповідно до конкретних потреб користувача, але, як правило, він складається з конструкції, виготовленої з жорсткого пластику й закріпленої на зап'ясті за допомогою застібки «Велкро» (рис. 2.6). Цей тип протеза забезпечує вільний рух великого пальця, що схоплює предмети в опозиції з протезом.

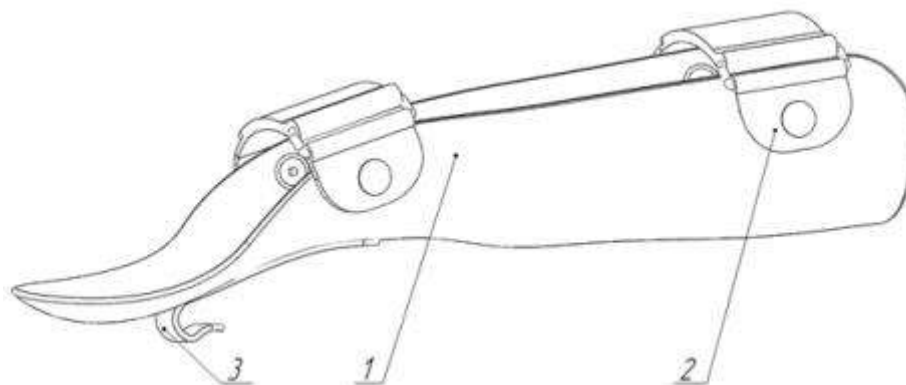


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд протеза-протиупору:

1 – індивідуальна гільза, що охоплює передпліччя, променезап'ястковий суглоб і залишкову долонну частину кисті;

2 – вузли кріплення протеза;

3 – додаткові функціональні елементи (гачки різної форми й розмірів, текстильні еластичні притискачі, отвори, пази тощо)

### ***Протез після трансметакарпальної ампутації на дистальному або проксимальному рівні***

Протези для цих рівнів ампутації можуть бути різних конструкцій, зокрема косметичні рукавички (рис. 2.7, а), протез-протиупор або відкритий пристрій схоплення. Протези у вигляді рукавиці виготовляються аналогічно до інших гільз із подвійною стінкою. Зовнішня оболонка витягнута, щоб замінювати відсутні пальці, якщо вони були б злегка зігнуті без зазору між пальцями (рис. 2.7, б). Відкрита сталева конструкція протеза має стрижень у формі півкола, прикріплений до кінця внутрішньої оболонки. Стрижень розширюється дистально, наближаючись до контура кінчиків пальців. Великий палець можна використовувати в протистоянні до пристрою.

Що проксимальніший рівень ампутації, то складніше буде виготовити протез.

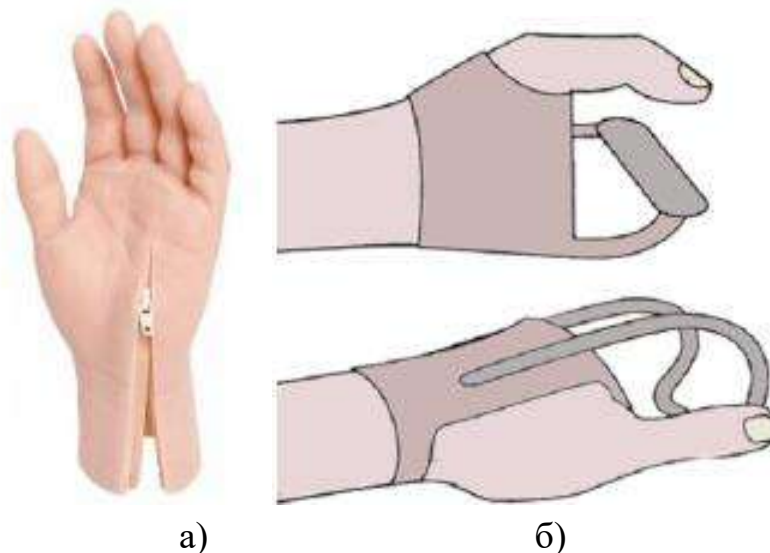


Рисунок 2.7 – Приклад протезів після трансметакарпальної ампутації

Важливо пам'ятати, що, особливо на цих рівнях ампутації, рішення про використання протеза приймається відповідно до індивідуальних функціональних потреб і дій у поєднанні з фізичними характеристиками пацієнта, такими як форма залишкової кисті. У разі проксимальної трансметакарпальної ампутації можливо й часто бажано мати захватний пристрій із функціональними пальцями. Вони кріпляться до короткої гільзи з подвійними стінками й управляються за допомогою троса Боудена, прикріпленого до звичайного джгута з кільцем ущільнювача.

Іноді можуть застосовуватися механізми динамічного зчленування, що використовують рух від залишкової кукси або суміжних пальців для поліпшення схоплення. Цей тип протеза є корисним, оскільки в ньому є ряд отворів для кисті, що полегшують захват об'єктів різного розміру.

### **2.3.2 Протези після вичленення в променезап'ястковому суглобі**

#### ***Пасивний протез після вичленення в променезап'ястковому суглобі***

Протез після вичленення в променезап'ястковому суглобі пасивний і призначений для пацієнтів з ампутаційними й уродженими дефектами на рівні вичленення в променезап'ястковому суглобі циліндричної або булавоподібної форми для імітації природної верхньої кінцівки та відновлення деяких функцій (компенсації довжини тощо).

Довжина кукси має бути в межах від рівня нижньої чверті передпліччя до рівня вичленення в променезап'ястковому суглобі. Конструкціями забезпечується утримання протеза без охоплення суміжного до кукси

ліктьового суглоба, завдяки чому зберігаються пронаційно-супінаційні рухи передпліччя. Зовнішній вигляд та конструкція протеза зображені на рис. 2.8.

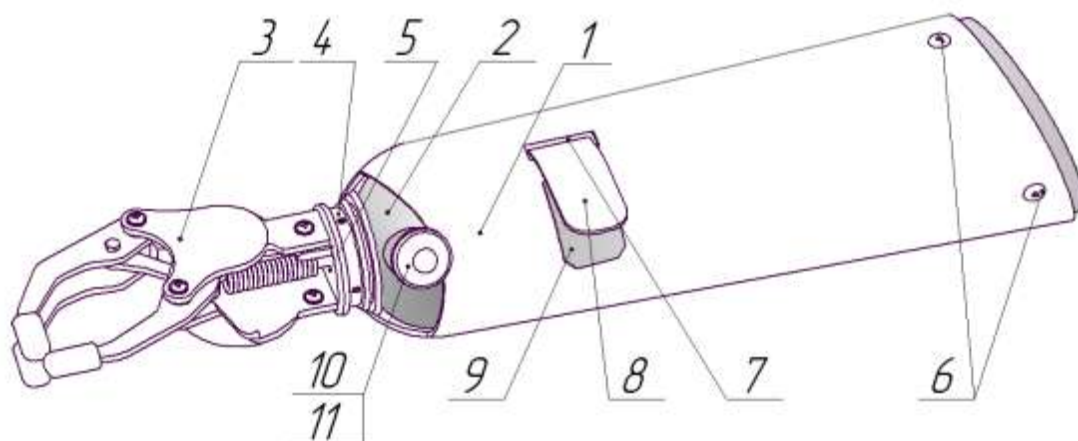


Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд пасивного протеза (з контактною гільзою з термопластичних матеріалів) після вичленення в променезап’ястковому суглобі:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть косметична з пасивним схопленням (без оболонок);
- 4 – кільце для ламінування; 5 – шасі; 6 – закладні гайки;
- 7 – отвір на зовнішній гільзі для застібки; 8, 9 – застібка;
- 10, 11 – вакуумний клапан та кільце для вакуумного клапана

Мінімальну диспропорцію довжини протеза та збереженої верхньої кінцівки забезпечує використання кисті з пасивним схопленням (з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям) (рис. 2.9, а). Також має місце застосування косметичної кисті, що не виконує функції схоплення (рис. 2.9, б). (Патент України на винахід № 93467 від 10.02.2011 «Спосіб виготовлення штучної кисті»; патент України на винахід № 80935 від 12.11.2007 «Спосіб виготовлення штучної кисті», заявник УкрНДІпротезування.)

Пасивні протези після вичленення в променезап’ястковому суглобі виготовляються з контактними гільзами з різних матеріалів, а саме:

- з еластичного термопластичного матеріалу (сополімеру етилену та вінілацетату EVA);
- із шаруватого пластику.

Існують конструкції протезів з індивідуальним силіконовим вкладишем із зовнішнім кріпленням.



Рисунок 2.9 – Варіативність використання штучних кистей у пасивному протезі після вичленення в променезап'ястковому суглобі:

а – кисть пасивна (з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям); б – кисть пасивна

### ***Функціональний протез після вичленення в променезап'ястковому суглобі***

Протез після вичленення в променезап'ястковому суглобі з тяговим керуванням (керований рухами тіла) призначається для пацієнтів з ампутаційними й уродженими дефектами на рівні вичленення в променезап'ястковому суглобі для самообслуговування, гігієни, виконання дій, пов'язаних із реалізацією схоплення (щипкового, трипальцевого, кінцевого) кистю. Довжина кукси має бути в межах від рівня нижньої чверті передпліччя до рівня дезартикуляції в променезап'ястковому суглобі (рис. 2.10).

Конструкція забезпечує утримання протеза без охоплення суміжного до кукси ліктьового суглоба, завдяки чому зберігаються пронаційно-супінаційні рухи передпліччя.

Функціональні протези після вичленення в променезап'ястковому суглобі, як і пасивні, виготовляються з контактними гільзами з різних матеріалів, а саме з еластичного термопластичного матеріалу (сополімеру етилену та вінілацетату EVA), із шаруватого пластику.

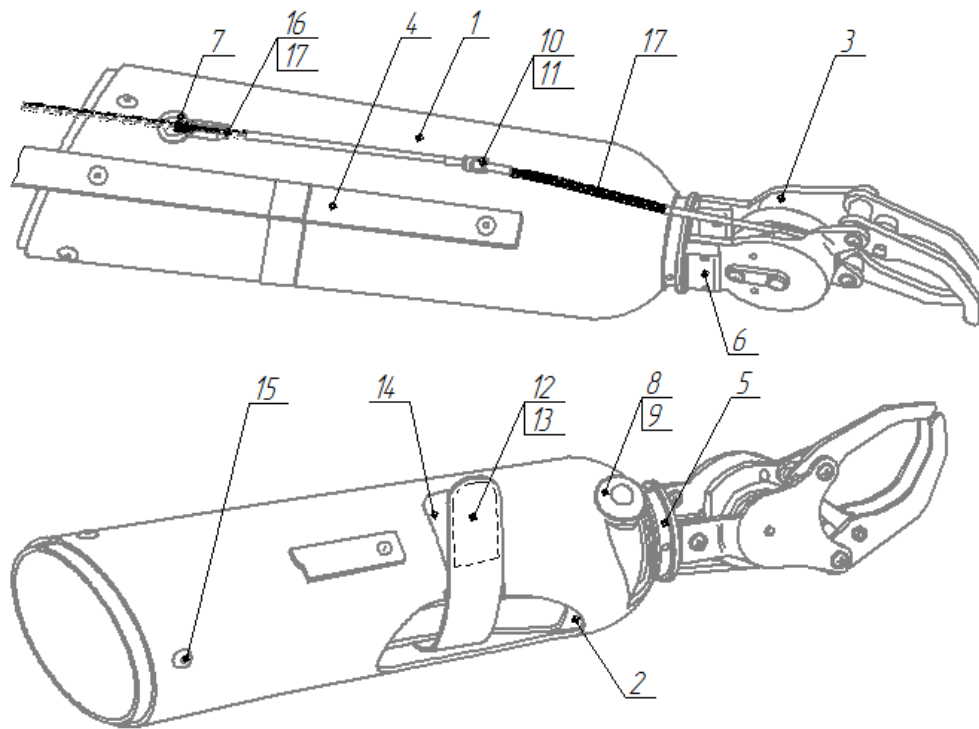


Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд протеза після вичленення в променезап'ястковому суглобі з тяговим керуванням (керованого рухами тіла) зі штучною кистю:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть активна (без оболонок); 4 – бандаж; 5 – кільце для ламінування;
- 6 – шасі; 7 – утримувач; 8 – кільце клапана; 9 – клапан вакуумний;
- 10 – втулка сферична; 11 – муфта; 12 – циркулярний ремінець;
- 13 – стрічка «Велкро» (гачкова частина);
- 14 – стрічка «Велкро» (петельна частина);
- 15 – гвинти з'єднувальні; 16 – спіральна оболонка; 17 – спіральна гайка

*(Патент України на винахід № 100215 від 26.11.2012 «Променезап'ястковий вузол протеза верхньої кінцівки», заявник УкрНДІпротезування.)*

### **2.3.3 Протези після ампутації на рівні передпліччя (трансрадіальні протези)**

#### **2.3.3.1 Конструкції гільз протезів передпліччя**

Гільза трансрадіального протеза утворена двома гільзами – внутрішньою (контактною) та зовнішньою (несною). Внутрішня гільза найбільш точно відповідає формі кукси. Вона виготовляється на індивідуальне замовлення з модифікаціями для забезпечення комфорту й захисту, а також для максимального функціонування кукси. Мета полягає в тому, щоб внутрішня гільза перебувала в повному контакті з усією куксою. Якщо повний

контакт відсутній, то протез може функціонувати погано, і/або він буде незручний у користуванні.

Зовнішня гільза призначена для імітації стандартної форми передпліччя. Під час оброблення гіпсової моделі важливо звертати увагу на ослаблення тиску над кістковими виступами, такими як надвиростки, ліктьовий відросток і край ампутованої кістки. Збільшення тиску на більш толерантні ділянки м'язової тканини в подальшому допоможе досягти стабільності протеза. Це унеможливить або мінімізує рух між куксою та краями гільзи, що може потенційно вплинути на функцію протеза або викликати подразнення шкіри.

Гільза зазвичай виготовляється з еластичних термопластичних матеріалів (сополімеру етилену та вінілацетату EVA) або із шаруватих пластиків, а іноді із силіконової гумової суміші «Термосил».

Існує кілька конструкцій гільз, вибір яких залежить від довжини кукси й функціональних цілей протеза. У разі вичленення зап'ястя або довгої залишкової кінцівки, коли пронаційно-супінаційні рухи практично не порушені, необхідно, щоб гільза мала таку конструкцію, яка б не обмежувала ці рухи.

Довжина залишкової кінцівки впливає на кількість функціональної пронації та супінації. Оскільки рівень ампутації змінюється проксимально від шилоподібного відростка променевої кістки до ліктя, здатність виконувати й використовувати пронацію та супінацію поступово втрачається. Це можна побачити на рис. 1.3. Коли залишкове передпліччя дуже коротке, усі поперечні рухи практично втрачаються й важко отримати будь-яке активне функціональне обертання передпліччя для протезування.

Якщо візьмемо за приклад наведений вище випадок від короткої до середньої кукси, можна помітити, що залишковий рух проносупінації в людини з ампутованою кінцівкою становить приблизно 60% від усього діапазону руху. Це означає, що 40% руху проносупінації втрачається. Але необхідно звернути увагу, що все ще є 100° обертання променевої кістки над ліктем (із загального фізіологічного діапазону 180°).

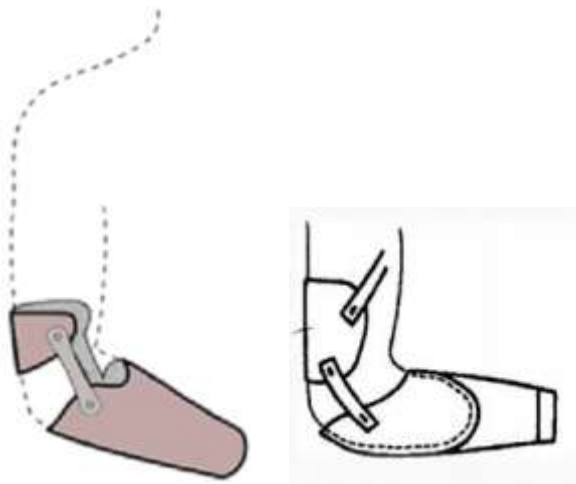
За умови коротких кукс залишкова проносупінація становить 0°, навіть якщо обертання променевої кістки над ліктьовою кісткою – 55°. Повне зникнення діапазону рухів відбувається через втрату ефективного руху кістки всередині м'яких тканин. Іншими словами, що довша кукса внаслідок трансрадіальної ампутації, то більше зберігається проносупінація.

### ***Традиційна конструкція контактної гільзи***

Проксимальна обрізна лінія розміщена приблизно в 1,5 см від медіального й латерального надвиростків плечової кістки, тоді як лікоть

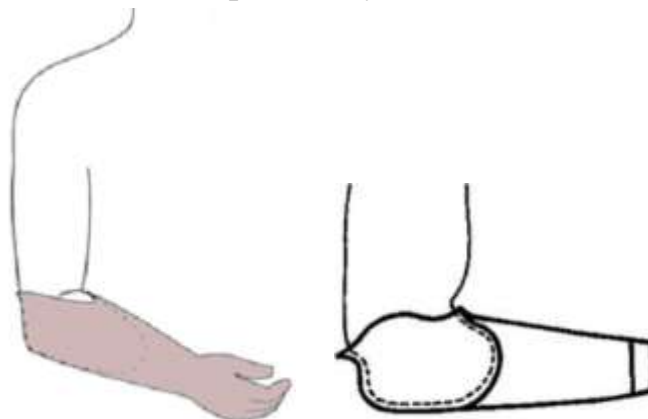
повністю витягнутий. Іноді, щоб полегшити надягання протеза, особливо для випадків із довгою куксою або під час вичленення зап'ястя, розрізається отвір (вікно) на найвужчій ділянці гільзи. Це дає змогу найширшій частині кукси проходити в гільзу. Для забезпечення повного контакту гільза закривається й закріплюється. Як альтернатива гільза може бути виготовлена з деякою гнучкістю зовнішньої гільзи над найбільш вузькою частиною кукси, яка розкривається в процесі надягання гільзи.

Ці конструкції гільз часто призначаються в разі довгих кукс трансрадіальної ампутації, оскільки рухи проносупінації зберігаються й передаються на кінцевий пристрій.



### ***Мюнстерська контактна гільза***

Після трансрадіальних ампутацій з короткими куксами часто призначають Мюнстерську гільзу. Проксимальна обрізна лінія цієї гільзи розташовується високо, з продовженням вище щодо надвиростків плечової кістки і з повним закриттям шилоподібного відростка. Дизайн гільзи утримує лікоть у легкому згинанні (початкове згинання в середньому  $35^\circ$  щодо плечової кістки).



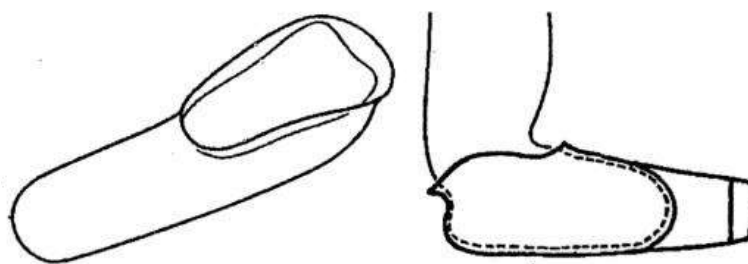
- Задня частина верхнього краю гільзи закриває шилоподібний відросток, використовуючи переваги цього кісткового виступу для забезпечення фіксації та стійкості гільзи. Лінії обрізки проходять трохи вище від рівня надвиростків.

- Передні верхні лінії обрізки доходять до рівня складки ліктьового згину із жолобом для сухожилля двоголового м'яза плеча, щоб уникнути накладення гільзи й сухожилля двоголового м'яза під час згинання. Якщо гільза має правильну посадку, то вона зазвичай не потребує додаткової системи підвіски. Форма й тиск (проксимально до шилоподібного відростка й навколо сухожилля двоголового м'яза плеча) утримують протез на культі.

Як згадано вище, ця конструкція часто призначається за умови коротких кукс для поліпшення утримання гільзи на культі. Ця гільза повністю запобігає руху проносупінації.

### ***Нортуестернська конструкція контактної гільзи***

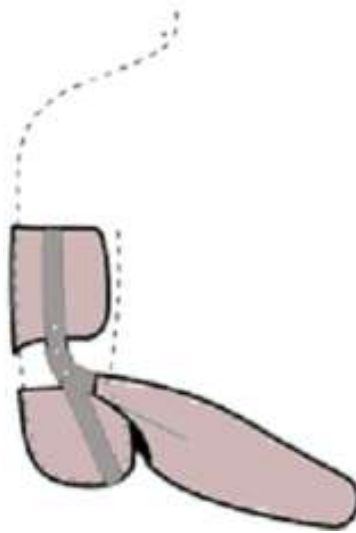
Нортуестернська конструкція гільзи була спеціально розроблена для довгих залишкових кінцівок і, ймовірно, забезпечує більшу медіальну / латеральну компресійну стабільність проксимальніше щодо надвиростків. На відміну від Мюнстерської конструкції гільзи, Нортуестернський дизайн насамперед покладається на стискання в медіалатеральній площині вище щодо надвиростків із меншим обмеженням уздовж передньо-задніх ліній. Ця техніка приділяє значну увагу біомеханіці конструкції гільзи, оскільки вона динамічно пов'язана з діапазоном рухів залишкової кінцівки. Необхідно зважати на те, що ця конструкція гільзи, як і Мюнстерська, повністю перешкоджає проносупінації, оскільки лінії обрізки гільзи проходять вище щодо надвиростків. Цей факт важливо брати до уваги під час призначення типу гільзи.



### ***Гільза на передпліччя із шарнірною петлею***

Шарнірна петля використовується тоді, коли кукса передпліччя дуже коротка й, отже, має дуже обмежений діапазон руху. Виготовляються дві гільзи: одна для кукси, яка розташовується всередині другої гільзи передпліччя, і вони з'єднуються шарнірною петлею.

Шарнірна петля збільшує для користувачів обмежені активні рухи згинання.



Приклади призначення гільзи залежно від довжини кукси.

а) Дуже коротка кукса передпліччя: висока лінія обрізки, вище щодо надвиростків, вище від шилоподібного відростка (Мюнстерський тип гільзи).

б) Від короткої до середньої довжини кукси передпліччя: Нортвестернський тип гільзи із захопленням вище щодо надвиростків для забезпечення стабільності.

в) Від середньої до довгої кукси передпліччя: традиційний дизайн гільзи (краї гільзи проходять дистально до шилоподібного відростка й дистально до виростків плечової кістки).

г) Дуже коротка кукса передпліччя: висока лінія обрізки, із захопленням вище щодо надвиростків і шилоподібного відростка (Мюнстерський тип) у комбінації із шарнірною петлею.

### **2.3.3.2 Конструкції протезів передпліччя**

#### ***Пасивний (косметичний) протез передпліччя***

Косметичний протез передпліччя призначається для пацієнтів з ампутаційними та уродженими дефектами за типом кукси передпліччя (між ліктьовим і променезап'ястковим суглобами) для імітації природної верхньої кінцівки та відновлення деяких функцій (компенсації довжини тощо). Зовнішній вигляд протеза наведено на рис. 2.11. Косметичні протези передпліччя виготовляються з двома типами штучних кистей, а саме:

- косметичною кистю;
- кистю з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям (рис. 2.9, а).

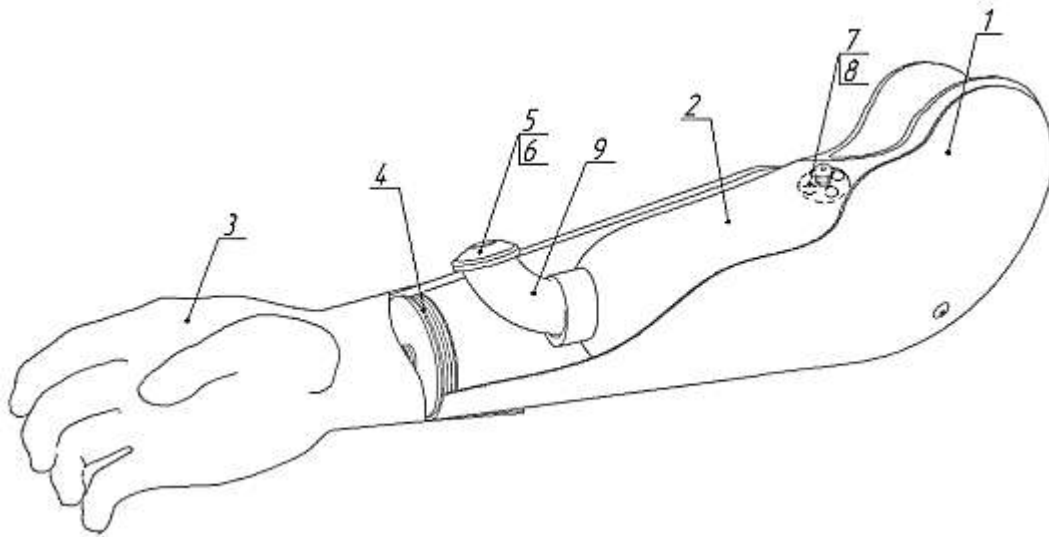


Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд косметичного протеза передпліччя:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть косметична; 4 – променезап’ястковий вузол;
- 5 – кільце клапана; 6 – клапан вакуумний; 7 – закладна гайка;
- 8 – гвинти з’єднувальні; 9 – з’єднувальна трубка

### ***Протез передпліччя функціональний***

Протез передпліччя функціональний (керований рухами тіла) призначається для пацієнтів з ампутаційними дефектами або уродженими аномаліями розвитку за типом кукси передпліччя (між ліктювим і променезап’ястковим суглобами) для самообслуговування, гігієни, виконання дій, пов’язаних із реалізацією схоплення (щипкового кінцевого трипальцевого) кистю. Довжина кукси має бути в межах від рівня нижньої третини передпліччя до рівня верхньої чверті передпліччя:

- нижньої чверті / третини передпліччя (довга);
- середньої третини передпліччя (середньої довжини);
- верхньої третини / чверті передпліччя (коротка / надкоротка).

Можливі два варіанти виконання:

- протез передпліччя функціональний з одним кінцевим пристроєм (рис. 2.12);
- протез передпліччя функціональний із комбінацією кінцевих пристроїв (рис. 2.13).

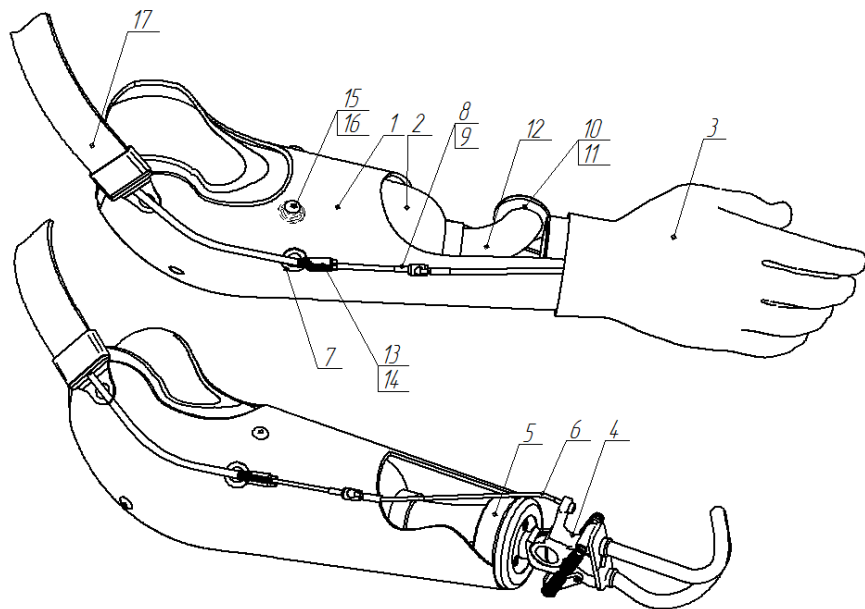


Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд протеза з одним кінцевим пристроєм (зі штучною кистю або гачком):

- 1 – зовнішня (несна) гільза;
- 2 – контактна (внутрішня) гільза; 3 – кисть активна;
- 4 – гачок активний; 5 – вузол променезап’ястковий;
- 6 – тяга гачка; 7 – утримувач; 8 – втулка сферична;
- 9 – муфта; 10 – кільце клапана; 11 – клапан вакуумний;
- 12 – трубка з’єднувальна; 13 – спіральна оболонка;
- 14 – спіральна гайка; 15 – гвинти з’єднувальні;
- 16 – гайки закладні; 17 – бандаж

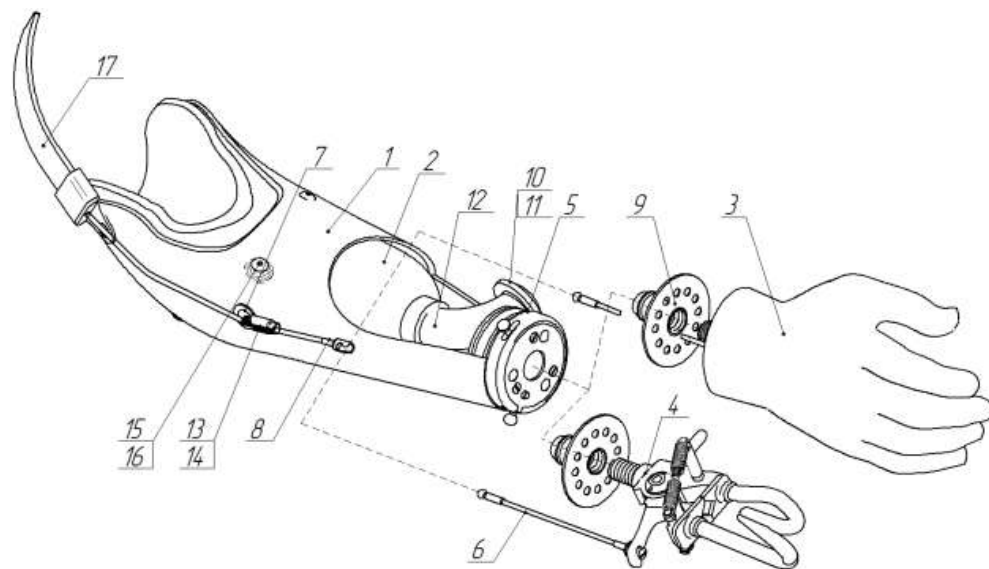


Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд протеза з комбінацією кінцевих пристроїв (зі штучною кистю та гачком):

- 1 – зовнішня (несна) гільза;
- 2 – контактна (внутрішня) гільза; 3 – кисть активна;
- 4 – гачок активний; 5 – вузол променезап’ястковий;
- 6 – тяга гачка; 7 – утримувач; 8 – муфта; 9 – адаптер;
- 10 – кільце клапана; 11 – клапан вакуумний;
- 12 – трубка з’єднувальна; 13 – спіральна оболонка;
- 14 – спіральна гайка; 15 – гвинти з’єднувальні;
- 16 – гайки закладні; 17 – бандаж

Протез передпліччя функціональний з одним кінцевим пристроєм (штучною кистю або гачком) уможливорює схоплення та утримання предметів, використовується здебільшого під час самообслуговування або роботи. У процесі виготовлення протеза з одним кінцевим пристроєм доцільно встановлювати в протез такі види променезап'ясткових вузлів: з флексією, фрикційні, фрикційні з флексією тощо.

Протез передпліччя функціональний із комбінацією кінцевих пристроїв (штучною кистю та гачком) є більш універсальним, уможливорює схоплення та утримання предметів, використовується під час самообслуговування, роботи, що потребує точних захватів. У процесі виготовлення протеза з комбінацією кінцевих пристроїв доцільно встановлювати в нього променезап'ясткові вузли, що забезпечують швидке від'єднання захватного пристрою (з флексією або без). *(Патент України на винахід № 92552 від 10.11.2010 «Протез передпліччя», заявник УкрНДПротезування.)*

### ***Робочий протез передпліччя***

Протез передпліччя робочий призначається для виконання функціональних операцій у робочому процесі або/та для самообслуговування і гігієни (рис. 2.14). Зовнішня гільза є модулем протеза, що містить вузол для встановлення кінцевих пристроїв (насадок) (рис. 2.15, а). До неї також, за необхідності, приєднується бандаж. *(Патент України на винахід № 92552 від 10.11.2010 «Протез передпліччя», заявник УкрНДПротезування.)*



Рисунок 2.14 – Робочий протез передпліччя

Залежно від обраних кінцевих пристроїв бандаж забезпечує передачу зусилля від рухів плечового пояса до насадок з активним принципом дії (захват, який здійснюється за допомогою тяги).

Протез має приймальний пристрій для приєднання кінцевих пристроїв (насадок) (рис. 2.15, б).

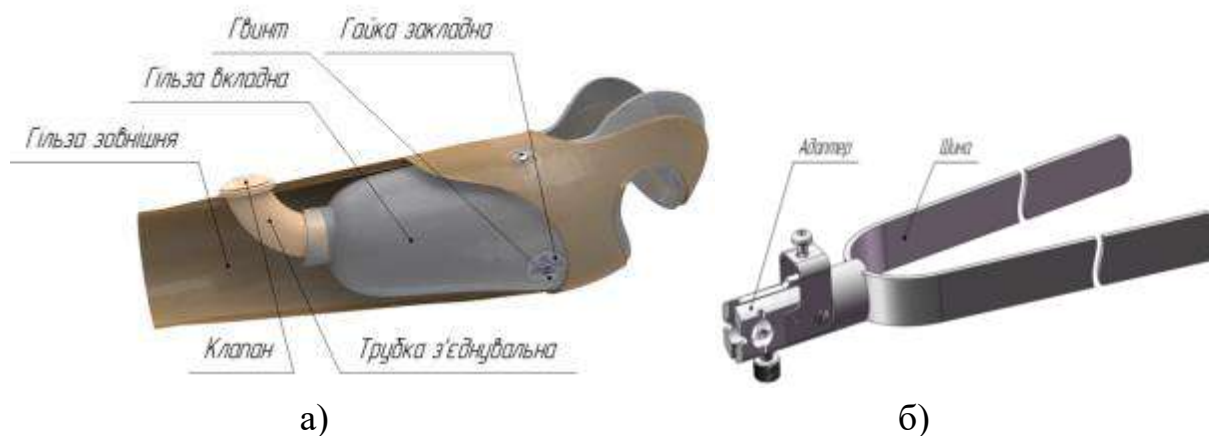


Рисунок 2.15 – Приймальна гільза контейнерного типу протеза передпліччя (а) та приймальний пристрій для приєднання насадок (б)

*(Патент України на винахід № 120121 від 10.10.2019 «Спосіб виготовлення вкладиша до прийомної гільзи протеза передпліччя», заявник УкрНДІпротезування)*

Доцільно комплектувати протез кінцевими пристроями (насадками) для виконання робочих операцій кількістю до п'яти штук. Кінцеві пристрої (насадки) передбачені пасивної та активної дії.

Пасивні насадки керовані контрлатеральною верхньою кінцівкою, фіксують та утримують предмети. Активні насадки керовані активними рухами плечового пояса за допомогою механічної тяги (насадка щипці – кільце активне, захват – пасатижі, насадка – голкотримач). Для керування активними кінцевими пристроями (насадками) використовується бандаж.

У протезуванні білатеральних (двобічних) пацієнтів рекомендовано призначати протез передпліччя робочий, у складі якого є комплект насадок для самообслуговування: прийому їжі, взування й одягання, гігієнічних процедур (гоління, чищення зубів і под.).

### **2.3.4 Протези після вичленення в ліктьовому суглобі**

#### ***Пасивні (косметичні) протези після вичленення в ліктьовому суглобі***

Протез після вичленення в ліктьовому суглобі пасивний (косметичний) призначається для дорослих і підлітків з метою імітації природної верхньої

кінцівки й відновлення деяких функцій (компенсації довжини і под.). Зовнішній вигляд і конструкція протеза наведені на рис. 2.16, а.

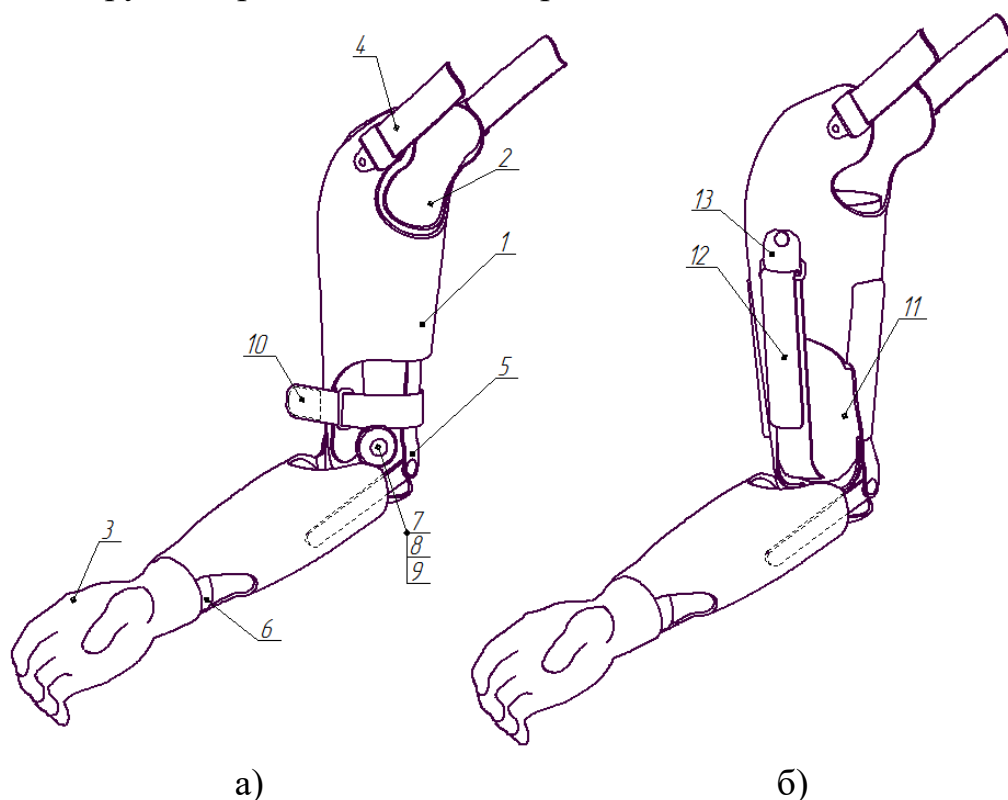


Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд косметичного (пасивного) протеза після вичленення в ліктьовому суглобі:

а – протез із гільзою з термопластичного матеріалу;

б – протез з індивідуальним силіконовим вкладишем із зовнішнім кріпленням:

1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза; 3 – кисть;

4 – бандаж; 5 – шини; 6 – вузол променезап'ястковий;

7 – клапан вакуумний; 8 – кільце клапана;

9 – з'єднувальна трубка; 10 – циркулярний ремінець;

11 – індивідуальний силіконовий вкладиш (лайнер);

12 – застібка; 13 – петля з рамкою

Довжина кукси може бути на рівні:

– вичленення ліктьового суглоба (екзартикуляції);

– нижньої чверті плеча (довга кукса плеча);

– верхньої чверті кукси передпліччя (надкоротка кукса передпліччя).

Утримання протеза забезпечується його конструкцією завдяки охопленню кісткових структур ліктьового суглоба.

Косметичний протез після вичленення в ліктьовому суглобі може виготовлятися з двома типами штучних кистей, а саме:

– косметичною кистю;

– пасивною кистю (з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям) (рис. 2.9, а).

Косметичний протез після вичленення в ліктьовому суглобі може мати променезап'ястковий вузол із такими функціями:

- без контролювання тугорухомості;
- фрикційний;
- з флексією.

*(Патент України на винахід № 100215 від 26.11.2012 «Променезап'ястковий вузол протеза верхньої кінцівки», заявник УкрНДІпротезування.)*

Косметичний протез після вичленення в ліктьовому суглобі може мати шини ліктьові з такими функціями:

- без контролювання тугорухомості;
- зі змінною тугорухомістю;
- з фіксацією обраних положень.

Контактна (внутрішня) гільза виготовляється з еластичних термопластичних матеріалів.

Косметичний протез після вичленення в ліктьовому суглобі може виготовлятися з індивідуальним силіконовим вкладишем із зовнішнім кріпленням.

Зовнішній вигляд контактної гільзи та індивідуального вкладиша зображено на рис. 2.17.

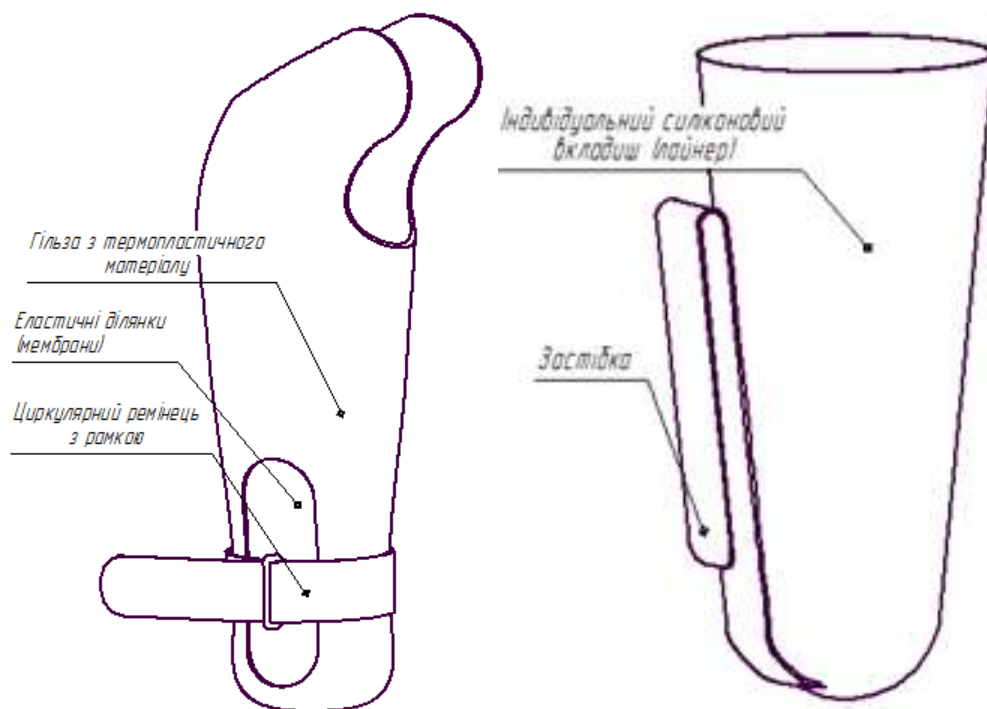


Рисунок 2.17 – Контактна (внутрішня) гільза косметичного протеза (з термопластичного матеріалу та індивідуальним силіконовим вкладишем із зовнішнім кріпленням) після вичленення в ліктьовому суглобі

### **Функціональні (керовані рухами тіла) протези після вичленення в ліктьовому суглобі**

Керований рухами тіла протез після вичленення в ліктьовому суглобі призначається для дорослих і підлітків для виконання функціональних операцій в робочому процесі або/та для самообслуговування та гігієни. Зовнішній вигляд та конструкція протеза зображені на рис. 2.18.

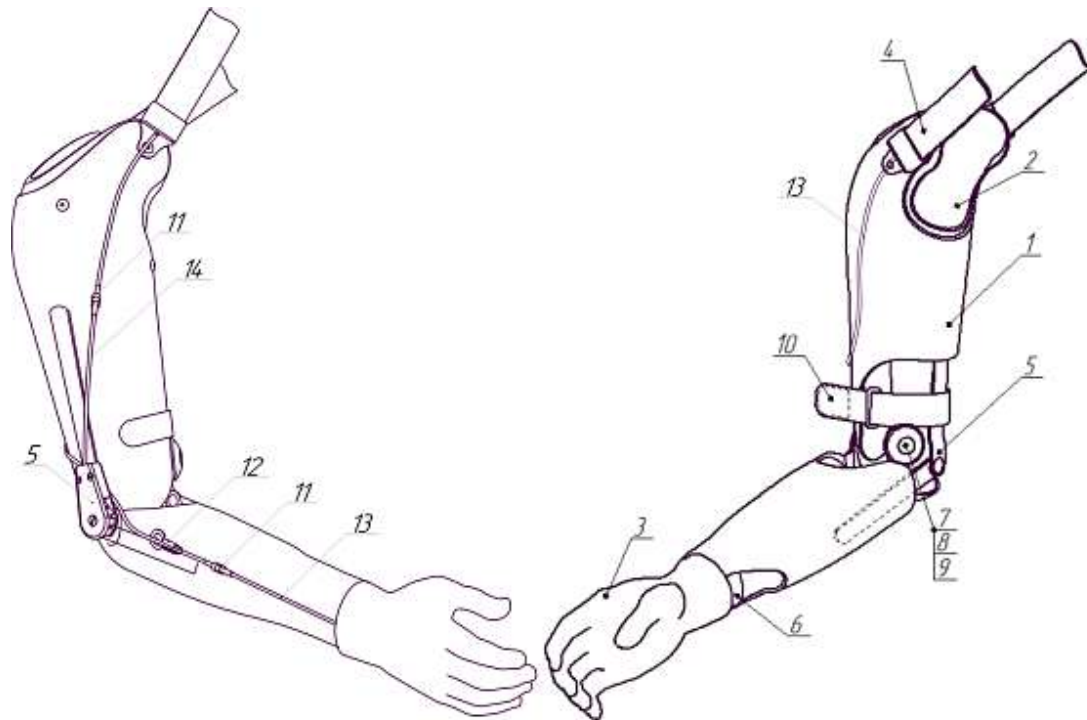


Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд керованого рухами тіла протеза після вичленення в ліктьовому суглобі:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть активна; 4 – бандаж; 5 – шини;
- 6 – вузол променезап'ястковий; 7 – кільце клапана;
- 8 – клапан вакуумний; 9 – трубка з'єднувальна;
- 10 – застібка; 11 – з'єднувач; 12 – утримувач;
- 13 – тяга керування кистю; 14 – тяга керування шиною

Довжина кукси може бути на рівні:

- вичленення ліктьового суглоба (екзартикуляції);
- нижньої чверті плеча (довга кукса плеча);
- верхньої чверті кукси передпліччя (надкоротка кукса передпліччя).

Протез (керований рухами тіла) після вичленення в ліктьовому суглобі може виготовлятися з активною кистю (з довільним закриттям або довільним відкриттям) і мати променезап'ястковий вузол із такими функціями:

- без контролювання тугорухомості;

- фрикційний;
- із флексією.

Керований рухами тіла протез після вичленення в ліктьовому суглобі може мати шини ліктьові з такими функціями:

- із замиканням / розмиканням з допомогою дії тягового замка;
- із замиканням / розмиканням з допомогою замка з пасивною фіксацією.

Контактна (внутрішня) гільза виготовляється з еластичних термопластичних матеріалів і може мати індивідуальний силіконовий вкладиш із зовнішнім кріпленням (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд керованого рухами тіла протеза (з індивідуальним силіконовим вкладишем) після вичленення в ліктьовому суглобі

### 2.3.5 Протези після ампутації плеча

Звичайні функціональні протези для ампутацій на рівні плеча – це зовнішні пристрої, що використовуються для заміни ампутованого сегмента верхньої кінцівки (від плеча над ліктьовим суглобом). Протези плеча мають відповідати тим самим основним цілям, що й інші протези верхніх кінцівок, виконуючи функціональне, косметичне й психологічне значення для користувача.

Протези після ампутації плеча можуть бути пасивними (косметичними), функціональними або робочими. Активне функціонування досягається за допомогою сили тіла, зовнішнього джерела енергії або їх комбінації в гібридній системі управління.

Звичайні протези для ампутації на рівні плеча активуються тягою керувального троса із силою, що виникає в м'язах плеча (плечового пояса) збереженої кінцівки.

Конструкція протеза компонується залежно від рівня ампутації. Більш проксимальні рівні вимагають більш жорсткого кріплення через плече й кращої безпеки із системою управління.

### ***2.3.5.1 Типи контактних гільз протезів плеча***

Гільза для протеза плеча утворена двома гільзами: однієї внутрішньої (контактної) та однієї зовнішньої (несної). Внутрішня гільза перебуває в тісному контакті зі шкірою та має форму, що забезпечує повний контакт уздовж усієї довжини кукси. Якщо вона погано прилягає, протез не може функціонувати оптимально, тому викликає дискомфорт і подразнення шкіри. Необхідність повного контакту гільзи потребує щільної фіксації навколо залишкової кукси. Гільза має форму, що дає змогу використовувати характеристики кукси – кісткові виступи й толерантні зони м'язових тканин. Зовнішня гільза має форму звичайного плеча. Залежно від довжини кукси можуть бути розроблені кілька типів гільз для забезпечення функції контролю протеза.

#### ***Звичайна (стандартна, традиційна) гільза (рис. 2.20)***

Лінії обрізки гільзи визначаються довжиною кукси. Якщо кукса довга, верхня лінія обрізки проходить приблизно на 1 см нижче від акроміона, передня лінія обрізки проходить по дельтоподібно-грудному трикутнику, а задня лінія оточує лопатку. За умови більш коротких кукс верхня лінія обрізки проходить над акроміоном приблизно на 2,5 см, включаючи акроміально-ключичне зчленування. Передня лінія обрізки захоплює дельтоподібно-грудний трикутник, а задня лінія обрізки – частину лопатки. Лінії обрізки поліпшують контроль підвіски й ротації. Медіальна стінка гільзи сплюснена, так що протез зручно розташований на латеральній стінці грудної клітки. Передня стінка сформована навколо кукси, щоб звільнити кістковий кінець ампутованої плечової кістки. Задні й бічні стінки гільзи містять м'які тканини й адаптовані до анатомії плеча. Гільза має бути надійно закріплена на плечі, але водночас вона не має занадто стискувати кусу та плече.

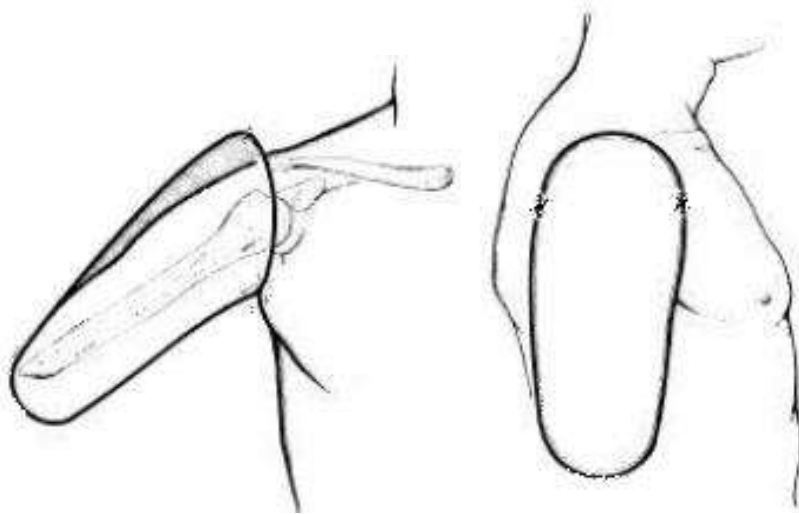


Рисунок 2.20 – Традиційна гільза

### *Динамічна гільза (гільза Юта)*

Динамічна гільза здебільшого має низьку лінію обрізки на латеральному боці, нижче від акроміона, щоб забезпечити більше відведення плечового суглоба. Її можна закріпити (підвісити) за допомогою биндажа або способом присмоктування. Гільза має елементи у вигляді крил, які розширюються в передній і задній частині гільзи, щоб забезпечити ротаційну стабільність. Ці «крила» не впливають ні на ключицю спереду, ні на ость лопатки ззаду; вони мають бути розташовані на більш низькому рівні. Крім того, проксимальний медіалатеральний розмір також зменшується для забезпечення медіалатеральної стабільності. Медіальна стінка має бути плоскою, щоб уможливити повну аддукцію кукси без защемлення пахвової ділянки. У дистальній частині має бути повний контакт, щоб запобігти набряканню залишкової кінцівки (рис. 2.21).

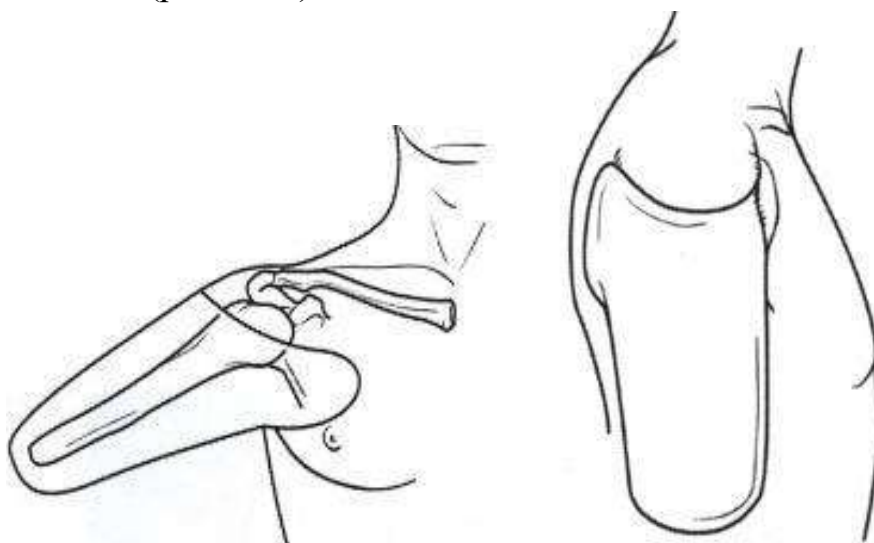


Рисунок 2.21 – Динамічна гільза

### **2.3.5.2 Конструкції протезів плеча**

#### **Пасивні (косметичні) протези плеча**

Косметичний (пасивний) протез плеча призначається для імітації природної верхньої кінцівки й відновлення деяких функцій (компенсації довжини тощо). Протез призначений для пацієнтів різного віку з ампутаційними або вродженими недорозвиненнями за типом ампутаційної кукси плеча. Метою протезування в цьому разі є усунення або зменшення обмежень під час використання кисті та руки в

- самообслуговуванні;
- участі в основних сферах життя;
- участі в житті спільнот, у громадському житті.

Довжина кукси плеча може бути на рівні:

- нижньої чверті / третини плеча (довга);
- середньої третини плеча (середньої довжини);
- верхньої третини / чверті плеча (коротка / надкоротка).

Конструкціями забезпечується утримання протеза завдяки щільному контакту кукси з приймальною гільзою та вакуумному ефекту, що контролюється клапаном у разі протезування довгої та середньої довжини кукс.

За умови коротких і надкоротких кукс плеча утримання протеза забезпечується здебільшого завдяки охопленню надпліччя та бандажних елементів на плечовому поясі. Зовнішній вигляд протеза наведено на рис. 2.22.

Контактна (внутрішня) гільза може бути кількох конструкцій:

- стандартною (з охопленням надпліччя); рухи в плечовому суглобі значно обмежені такою конструкцією;
- динамічною – такою, що не охоплює надпліччя та забезпечує повний обсяг рухів у плечовому суглобі (флексії / екстензії, абдукції / аддукції).

Косметичний (пасивний) протез плеча виготовляється з контактними (внутрішніми) гільзами, виконаними з різних матеріалів:

- з еластичних термопластичних матеріалів (сополімеру етилену та вінілацетату EVA);
- із шаруватих пластиків;
- із силіконової гумової суміші «Термосил» (рекомендовано для кукс із рубцями на шкірі, дефіцитом м'яких тканин).

Косметичний (пасивний) протез плеча може виготовлятися з двома типами штучних кистей, а саме:

- кистю косметичною;
- кистю пасивною (з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям) (рис. 2.9, а),

та мати у своєму складі променезап'ястковий вузол / адаптер із такими функціями:

- з тугорухомістю;
- із флексією.

Косметичний (пасивний) протез плеча може мати ліктьовий вузол із пасивним замиканням.

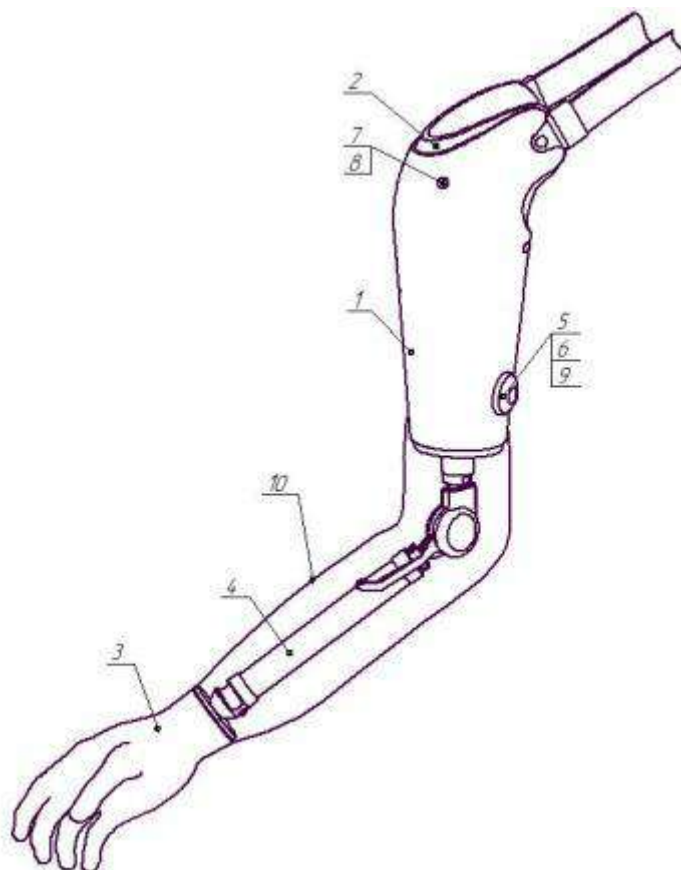


Рисунок 2.22 – Зовнішній вигляд та конструкція косметичного протеза плеча:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть косметична; 4 – вузол косметичний; 5 – кільце клапана;
- 6 – клапан вакуумний; 7 – закладна гайка; 8 – гвинти з'єднувальні;
- 9 – з'єднувальна трубка; 10 – косметичне облицювання

### ***Функціональний (керований рухами тіла) протез плеча***

Керований рухами тіла протез плеча призначається для дорослих і підлітків з ампутаційними або уродженими дефектами за типом кукси плеча для виконання функціональних операцій у робочому процесі або/та для самообслуговування та гігієни.

Конструкціями забезпечується утримання протеза завдяки щільному контакту кукси з приймальною гільзою та вакуумному ефекту, що контролюється клапаном уразі протезування довгої та середньої довжини кукс.

За умови коротких і надкоротких куок плеча утримання протеза забезпечується здебільшого способом охоплення надпліччя та бандажних елементів на плечовому поясі.

Контактна (внутрішня) гільза може бути кількох конструкцій:

- стандартною (з охопленням надпліччя); рухи в плечовому суглобі значно обмежені такою конструкцією;

- динамічною – такою, що не охоплює надпліччя й забезпечує повний обсяг рухів у плечовому суглобі (флексії / екстензії, абдукції / аддукції).

Керований рухами тіла протез плеча виготовляється з різними контактними (внутрішніми) гільзами, що виконані:

- з еластичних термопластичних матеріалів (сополімеру етилену та вінілацетату EVA);

- із шаруватих пластиків;

- із силіконової гумової суміші «Термосил» (рекомендовано для куок із рубцями на шкірі, дефіцитом м'яких тканин).

Керований рухами тіла протез плеча з одним кінцевим пристроєм (штучною кистю або гачком) реалізує схоплення та утримання предметів і використовується здебільшого для самообслуговування або роботи. Зовнішній вигляд протеза наведено на рис. 2.23.

Керований рухами тіла протез плеча з комбінацією кінцевих пристроїв (штучною кистю та гачком) є більш універсальним, уможлиблює схоплення та утримання предметів, використовується під час самообслуговування, роботи, що потребує точних захватів. Зовнішній вигляд протеза наведено на рис. 2.24.

У процесі виготовлення протеза з одним захватним пристроєм доцільно встановлювати в нього такі види променезап'ясткових вузлів: з флексією, фрикційні, фрикційні з флексією тощо.

У виготовленні протеза з комбінацією захватних пристроїв доцільно встановлювати в нього променезап'ясткові вузли, що забезпечують швидкоз'ємне від'єднання захватного пристрою (з флексією або без).

Керований рухами тіла протез плеча може мати ліктювий вузол:

- з пасивною фіксацією положень флексії / екстензії збереженою верхньою кінцівкою;

- з активною фіксацією положень флексії / екстензії завдяки компенсаторним рухам плечового пояса.

*(Патент України на винахід № 78359 від 15.03.2007 «Ліктювий механізм протеза верхньої кінцівки»; Патент України на винахід № 74945 від 15.02.2006 «Ліктювий механізм протеза плеча», заявник УкрНДІпротезування.)*

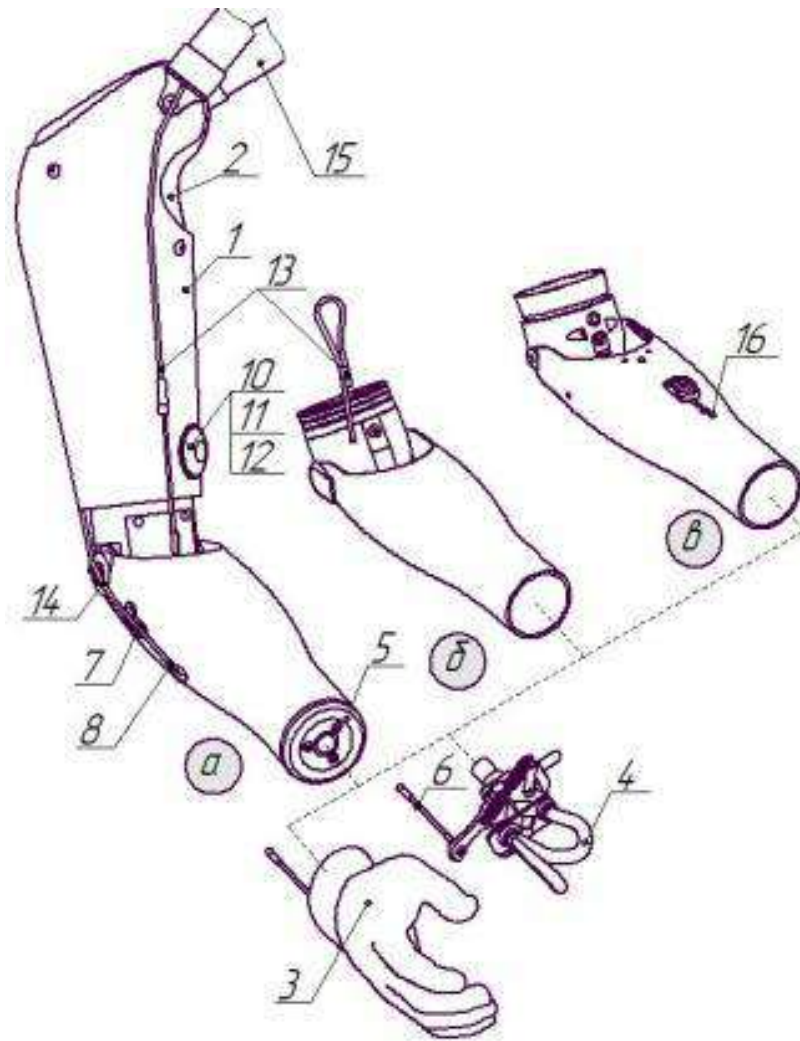


Рисунок 2.23 – Зовнішній вигляд керованого рухами тіла протеза плеча з одним кінцевим пристроєм (зі штучною кистю або гачком):

а – протез плеча з ліктьовим вузлом з активною фіксацією положень флексії / екстензії (з гільзою передпліччя індивідуального виготовлення);

б – протез плеча з ліктьовим вузлом (окремим комплектувальним виробом) з активною фіксацією положень флексії / екстензії;

в – протез плеча з ліктьовим вузлом з пасивною фіксацією положень флексії / екстензії:

1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;

3 – кисть активна; 4 – гачок активний;

5 – вузол променезап'ястковий; 6 – тяга гачка;

7 – утримувач; 8 – з'єднувач тяги бандажа з тягою кінцевого пристрою;

10 – кільце клапана; 11 – клапан вакуумний; 12 – трубка з'єднувальна;

13 – тяга керування ліктьовим вузлом;

14 – тяга керування кінцевим пристроєм; 15 – бандаж;

16 – кнопка фіксації / розфіксації ліктьового вузла

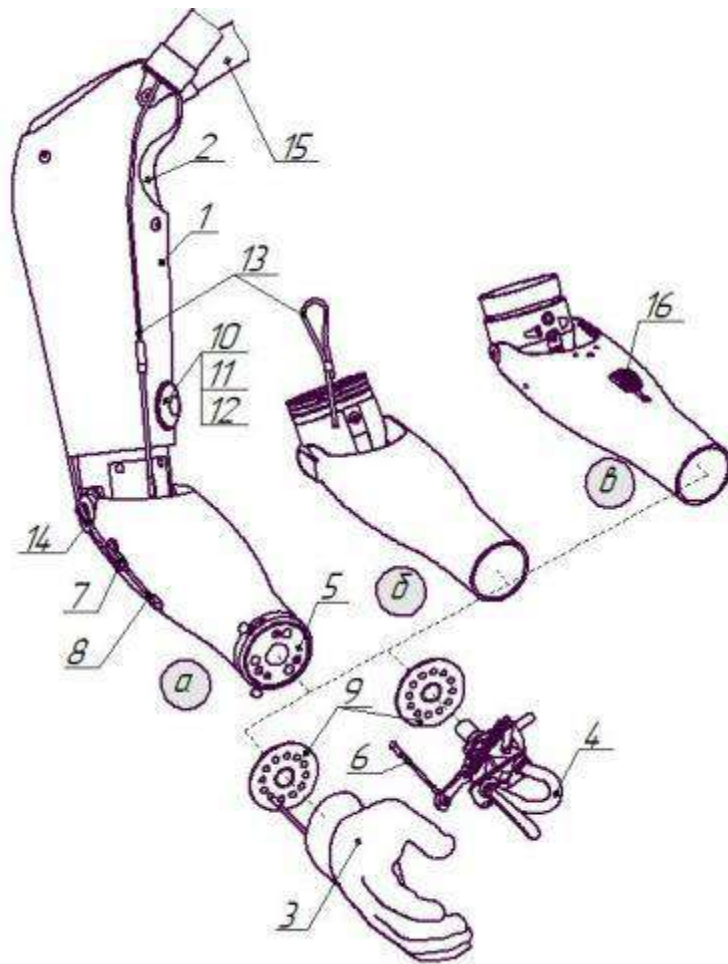


Рисунок 2.24 – Зовнішній вигляд протеза плеча керованого рухами тіла з комбінацією кінцевих пристроїв

(зі штучною кистю та функціональним гачком):

а – протез плеча з ліктьовим вузлом з активною фіксацією положень флексії / екстензії (з гільзою передпліччя індивідуального виготовлення);

б – протез плеча з ліктьовим вузлом (окремим комплектувальним виробом) з активною фіксацією положень флексії / екстензії;

в – протез плеча з ліктьовим вузлом із пасивною фіксацією положень флексії / екстензії:

1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;

3 – кисть активна; 4 – гачок активний;

5 – вузол променезап'ястковий; 6 – тяга гачка;

7 – утримувач; 8 – з'єднувач тяги бандажа з тягою кінцевого пристрою;

10 – кільце клапана; 11 – клапан вакуумний;

12 – трубка з'єднувальна; 13 – тяга керування ліктьовим вузлом;

14 – тяга керування кінцевим пристроєм; 15 – бандаж;

16 – кнопка фіксації / розфіксації ліктьового вузла

### ***Протез плеча робочий***

Робочий протез плеча призначається для пацієнтів з ампутаційними або уродженими дефектами за типом кукси плеча для розширення функціональних можливостей (рис. 2.25). Доцільно використовувати динамічну гільзу, яка не охоплює надпліччя та забезпечує повний обсяг рухів у плечовому суглобі (флексії / екстензії, абдукції / аддукції).



Рисунок 2.25 – Приклади робочих протезів плеча

Робочий протез плеча призначений для виконання функціональних операцій у робочому процесі або/й для самообслуговування та гігієни. Протез має приймальний пристрій (рис. 2.26) для приєднання кінцевих пристроїв (насадок).

У протезуванні білатеральних (двобічних) пацієнтів рекомендовано призначати робочий протез плеча, у складі якого є комплект насадок для самообслуговування: їжі, взування, одягання, гігієнічних процедур (гоління, чищення зубів і под.).



Рисунок 2.26 – Зовнішній вигляд приймального пристрою для приєднання насадок

### **2.3.6 Протези після вичленення в плечовому суглобі та міжлопатково-грудинного вичленення**

#### ***Пасивні (косметичні) протези після вичленення в плечовому суглобі***

Протези після вичленення плеча, особливо після міжлопатково-грудинного вичленення, у реабілітації функціональних можливостей відіграють тільки допоміжну роль. Це обумовлено відсутністю здатності активно переміщати протез у просторі, що в повсякденних умовах необхідно для виконання більшості побутових і трудових операцій, а після міжлопатково-грудинного вичленення немає можливості застосовувати функціональні протези. Тому в разі однобічної ампутації більшість пацієнтів користуються найчастіше косметичними протезами, оскільки вони компенсують анатомічний дефект і запобігають або зменшують розвиток асиметрії постави. Зовнішній вигляд косметичного (пасивного) протеза після вичленення в плечовому суглобі наведено на рис. 2.27.

Протез після вичленення в плечовому суглобі виготовляється з двома типами штучних кистей, а саме:

- косметична кисть;
- пасивна кисть (з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям).

Гільза для протеза після вичленення в плечовому суглобі подовжується позаду, щоб повністю закрити лопатку, і спереду на частину ребер грудної клітини. Ампутації, коли видалено більше скелета спереду, вимагають, щоб гільза закривала велику площу контакту в ділянці ребер (рис. 2.28). За умови подовженої гільзи над грудною кліткою поліпшується підвіска (кріплення, утримання) і стабілізація. Якщо пацієнтові не показано протезування, то можна встановити косметичну наплечну накладку. Вона виготовляється з пінополіуретану й утримується на місці за допомогою грудного ремня. Накладка забезпечує фізіологічний контур плеча під одягом.

Косметичні протези після вичленення в плечовому суглобі виготовляються з контактними (внутрішніми) гільзами з різних матеріалів, а саме:

- з еластичних термопластичних матеріалів;
- із шаруватих пластиків;
- із силіконової гумової суміші «Термосил».

Плечові вузли містяться в протезах після ампутації передньої чверті, вичленення плеча й у разі ампутації через шийку плечової кістки. Вони можуть бути з вільними рухами, з контролем тертя або заблоковані під час виконання функціональних завдань.

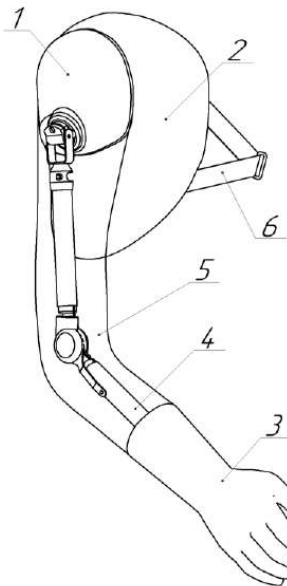


Рисунок 2.27 – Зовнішній вигляд косметичного (пасивного) протеза після вичленення в плечовому суглобі:

- 1 – зовнішня (несна) гільза;
- 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть косметична; 4 – ліктювий вузол;
- 5 – косметичне облицювання; 6 – бандаж

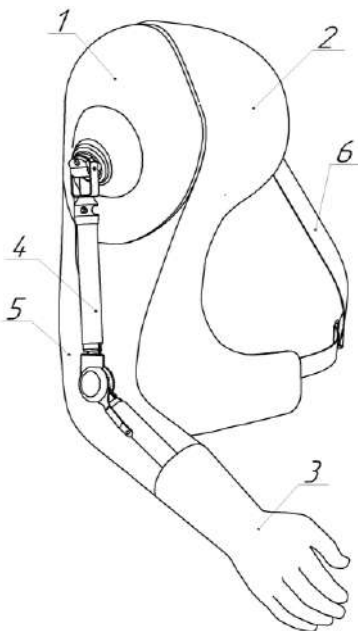


Рисунок 2.28 – Зовнішній вигляд косметичного (пасивного) протеза після вичленення в плечовому суглобі з X-подібною контактною (внутрішньою) гільзою:

- 1 – зовнішня (несна) гільза;
- 2 – X-подібна контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть косметична; 4 – ліктювий вузол;
- 5 – косметичне облицювання; 6 – бандаж

Протез (пасивний) після вичленення в плечовому суглобі може мати ліктювий вузол із пасивним замиканням і променезап'ястковий вузол із такими функціями:

- з тугорухомістю;
- із флексією.

### ***Функціональні протези після вичленення в плечовому суглобі***

Зовнішній вигляд функціонального протеза після вичленення в плечовому суглобі зображено на рис. 2.29.

Системою підвіски в звичайних протезах є бандаж. Він забезпечує підвіску протеза, а також точку кріплення для керувального кабелю. Система підвіски для протезів унаслідок вичленення плеча часто складається з одного ремня, що оточує грудну клітку й прикріплений до переднього та заднього боків гільзи.

Система керування для протезів після вичленення плеча використовує три кабелі, кожен з яких виконує свою функцію. Один кабель з'єднує передпліччя з рухом пахвової западини. Це уможлиблює згинання ліктя, коли протилежне плече зігнуто. Другий кабель проходить між кінцевим пристроєм і грудним ременем. Він відкриває кінцевий пристрій у разі розкриття грудної клітки. Третій кабель приєднаний до механізму ліктьового вузла для блокування та розблокування ліктя.

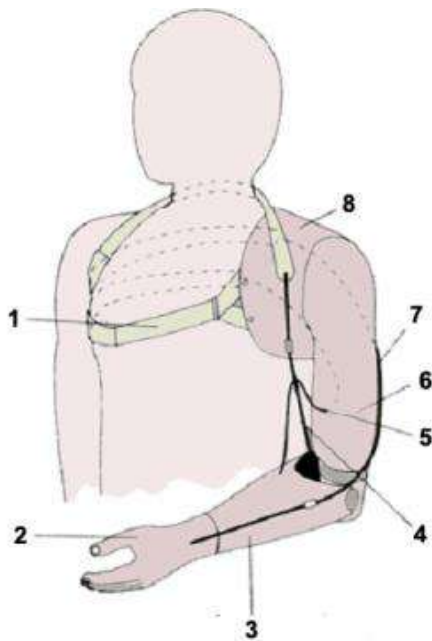


Рисунок 2.29 – Зовнішній вигляд функціонального протеза після вичленення в плечовому суглобі:

- 1 – бандаж; 2 – кінцевий пристрій;
- 3 – гільза передпліччя;
- 4 – керувальний кабель для блокування ліктя;
- 5 – керувальний кабель для флексії / екстензії ліктя;
- 6 – гільза плеча;
- 7 – керувальний кабель кінцевого пристрою;
- 8 – контактна гільза

## 2.4 Конструктивні особливості протезів верхніх кінцівок для занять спортом

Прогрес у сфері розвитку й удосконалення фізичної культури та спорту інвалідів з ураженнями опорно-рухової системи, зокрема з ампутаціями кінцівок, пов'язаний із рішенням широкого кола питань методичного, медичного, технічного та соціального характеру. Практично всі аспекти цієї проблеми мають своє рішення. Добре відомо, що відсутність однієї чи обох верхніх кінцівок дуже обмежує здатність людини в самообслуговуванні, виконанні побутових, трудових дій, участі в різних видах спорту. Після ампутації верхньої кінцівки знижуються рухові можливості, порушується рефлекторна діяльність, координаційні здібності тощо. Для багатьох людей продовжувати участь у спортивних іграх і змаганнях, фізично тренуватися є важливим фізичним і психологічним фактором – фактором повноцінного життя. З медичного погляду участь інвалідів у спортивних заходах сприяє відновленню функціональних можливостей організму, удосконаленню

адаптаційних реакцій, відновленню психологічної рівноваги і, загалом, допомагає повернутися до активного життя.

### ***Показання та протипоказання до призначення протезів для занять спортом***

#### Показання до призначення:

- висока мотивація пацієнта займатися спортом або вести активний спосіб життя;
- однобічні та двобічні ампутаційні дефекти на всіх рівнях передпліччя, плеча, після часткової ампутації кисті (за винятком, коли частково збережені пальці), після вичленення в променезап'ястковому й ліктьовому суглобах, що мають високий залишковий тонус м'язової активності.

#### Протипоказання:

- незадовільний загальний стан фізичного здоров'я пацієнта, супутні захворювання;
- нестабільність об'ємних розмірів кукси внаслідок судинних захворювань;
- вистояння кісткових опилів, болісні невроми, захворювання шкірних покривів, неврити ліктьового, променевого нерва; хронічні захворювання кукси в стадії загострення (травмоїди, бурсити, свищі, остеомієліт), контрактури та/або анкілози ліктьового, плечового суглобів; виражені порушення координації рухів; двобічна параплегія, виражений верхній парепарез;
- надчутливі шкіряні покриви кукси до механічної дії;
- функціональна довжина кукси плеча менша ніж 6 см;
- наявність у пацієнта нервово-психічного захворювання.

### ***Технологічні особливості виготовлення протезів верхніх кінцівок для занять спортом***

Спортивні протези верхніх кінцівок виготовляються для пацієнтів, які мають високу мотивацію для активної життєдіяльності, прагнуть фізичної активності, обирають певне спортивне хобі. Для призначення цих протезів необхідний індивідуальний підхід до кожного пацієнта, що передбачає детальний аналіз загального стану здоров'я, віку, ступеня активності людини, передбачуваного виду спорту і, звичайно, виду та стану кукси втраченої кінцівки.

Спортивні протези призначені для занять лижним спортом, баскетболом, греблею, тенісом, футболом, альпінізмом, плаванням, бейсболом, гольфом, важкою атлетикою, бойовими видами спорту, хокеєм, фехтуванням, бігом, їздою на велосипеді, перегонами, дайвінгом та багатьма іншими видами спорту.

Особливістю технологій виготовлення спортивних протезів є необхідність більш надійного утримання протеза на куксі.

Внутрішні контактні гільзи виготовляються з термопластичних еластичних і силіконових матеріалів. Для забезпечення такого ефекту використовують силіконові вкладиші, спеціальні бандажі на лікоть (зокрема силіконові) для протезів передпліччя та кисті, бандажі на ділянку плечового пояса.

У цьому разі для виготовлення протезів доцільно застосовувати конструкції приймальних гільз, що наведені в табл. 2.1.

### ***Променезап'ясткові вузли***

Важливими елементами конструкції протезів є променезап'ясткові вузли, призначені для приєднання та заміни кінцевих пристроїв (насадок).

Правильний вибір променезап'ясткового вузла може покращити функціональні можливості пацієнта, збільшуючи діапазон позиціонування кінцевого пристрою. Є три функції променезап'ясткових вузлів:

- ротація (супінація / пронація);
- згинання й розгинання (або відхилення в бік ліктьової кістки / відхилення в бік променевої кістки);
- швидке роз'єднання.

Реалізація цих функцій потребує застосування іншої кінцівки або стороннього предмета. Ці функції іноді поєднуються в одному вузлі. Ротацією можна керувати за допомогою тертя або фіксованих положень замикання. Функція швидкого роз'єднання дає змогу легко змінювати кінцеві пристрої для забезпечення активності пацієнта.

У багатьох ситуаціях комбінація цих функцій покращує здатність людини виконувати щоденну активність, професійні дії, а також відпочивати. Вузли з цими комбінаціями переважно використовувалися для інвалідів із двобічною ампутацією. Однак для пацієнтів з однією ампутацією використання цих функцій теж дуже корисне й дає змогу виконувати більш складні завдання з протезом та іншою кінцівкою одночасно. У табл. 2.2 наведено рекомендовані променезап'ясткові вузли залежно від їх функціональності для застосування в протезах з метою занять спортом (на прикладі продукції фірми *Otto Bock*). Можливе застосування вузлів з аналогічними / схожими функціональними характеристиками інших виробників, зокрема фірм *Fillauer*, *Steeper*.

### ***Ліктьові вузли***

У процесі протезування пацієнтів з ампутаційними дефектами на рівні плеча необхідно застосовувати ліктьові вузли, що забезпечують надійне

позиціонування передпліччя й мають конструктивні елементи, що дають змогу зручно змінити його положення. Таким вимогам відповідає ліктьовий вузол модульної конструкції виробництва фірми TRS ENER-JOINT. Зовнішній вигляд цього вузла наведено на рис. 2.30.



Ліктьовий шарнір



Приклад використання в протезі

Рисунок 2.30 – Ліктьовий вузол виробництва фірми TRS ENER-JOINT

Ліктьовий вузол забезпечує позиціонування передпліччя зі ступінчастою фіксацією за допомогою важеля на шарнірі. У конструкції присутні демпферні елементи для зменшення ударних навантажень.

Ліктьовий вузол дає змогу керувати велосипедами, зокрема гірськими, мотоциклами, квадрациклами, а також використовується під час веслування на каное, байдарках, каяках.

Можливе застосування вузлів з аналогічними / схожими функціональними характеристиками інших виробників.

### ***Кінцеві пристрої (насадки)***





Важливими компонентами протезів для занять спортом є кінцеві пристрої (насадки). Після визначення мети протезування фахівці мають обрати ті насадки, які задовольняють потребу у визначеному виді спорту або напрямі діяльності пацієнта.

Узагальнену інформацію щодо застосування насадок до протезів для занять спортом для пацієнтів із дефектами верхніх кінцівок наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.1 – Конструктивні виконання протезів

Рівень ампутаційного дефекту	Вид конструктивного виконання протеза	Зовнішній вигляд деяких складників (приклади)	
1	2	3	4
на рівні після вичленення в променезап'ястковому суглобі	з гільзою контейнерного типу:		
кукси циліндричної або конічної форми	 <p>– із силіконовим індивідуальним вкладишем</p>	 <p>вкладыш із тасьмою для зовнішнього кріплення</p>	 <p>еластичний бандаж на ділянку ліктя</p>
довгі кукси	 <p>– без захвату надвиростків плечової кістки</p>	 <p>з типорозмірним або індивідуальним силіконовим вкладишем із замком</p>	 <p>еластичний бандаж на ділянку ліктя</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
<p><b>на рівні передпліччя</b></p> <p>кукси середньої довжини та короткі</p>	<p>з гільзою контейнерного типу:</p>  <p>– зі скелетованою контактною гільзою з термопластичного матеріалу із захватом надвиростків плечової кістки</p>	 <p>скелетована контактна гільза з компресією м'яких тканин; забезпечує високу точність фіксації на куксі</p>	<p>Додатково може застосовуватися страхувальний бандаж, що охоплює контрлатеральну частину плечового пояса під пахвою</p>
<p><b>на рівні плеча</b></p> <p>довгі кукси</p>	<p>з гільзою контейнерного типу:</p> <p>з типорозмірними (із замком) або індивідуальними силіконовими вкладишами</p>	 <p>індивідуальні силіконові вкладиші із замком або з тасьмою для зовнішнього кріплення</p>	 <p>еластичний бандаж на плечовий пояс</p>

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4
кукси середньої довжини та короткі	зі скелетованою контактною гільзою з термопластичного матеріалу	 <p>скелетована контактна гільза з компресією м'яких тканин; забезпечує високу точність фіксації на куксі</p>	 <p>еластичний бандаж на плечовий пояс</p>




Таблиця 2.2 – Рекомендовані променезап'ясткові вузли для застосування в протезах для занять спортом та їх функціональні характеристики

Рекомендований вузол	Функції			Зовнішній вигляд	Застосування
	ротація	згинання / розгинання	швидке роз'єднання		
<i>Robo-Wrist</i>	може обертати кінцеві пристрої на 360° і одночасно згинати їх під будь-яким кутом до 43°. Положення в діапазоні обертання та згинання фіксується одночасно з натисканням кнопки		+		у протезуванні передпліччя
<i>MovoWrist Flex</i>	може обертати кінцеві пристрої на 360° з 20 різними позиціями	забезпечує п'ять фіксованих положень у діапазоні від -15° до +45°	+		у протезуванні передпліччя та плеча
<i>Ball ratchet wrist joint</i>	може обертати кінцеві пристрої на 360° з 12 різними позиціями	-	+		

Таблиця 2.3 – Насадки до протезів для занять спортом для пацієнтів із дефектами верхніх кінцівок

Вид спорту	Рекомендована насадка	Зовнішній вигляд	Застосування
1	2	3	4
волейбол	<p><i>Barrage Volley Ball TD</i> гнучка та пружна насадка для волейбольних змагань</p>		у протезуванні передпліччя
баскетбол	<p><i>HP Hoopster</i> міцний, але гнучкий двобічний обруч забезпечує більшу точність кидка</p> <p><i>Mill's Rebound ProBasketball Hand</i> гнучка та міцна полімерна насадка для баскетболу</p>		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
<p>гребля на байдарці, каное</p>	<p><i>Hammerhead</i> насадка для греблі з надійною фіксацією весла завдяки повному обхвату рукоятки; має функцію швидкого ручного від'єднання</p>		<p>у протезуванні передпліччя та плеча</p>
<p>акробатичні вправи, віджимання від підлоги</p>	<p><i>Shroom Tublers</i> грибоподібна насадка для вправ віджимання від підлоги та акробатики; витримує вагу до 90 кг</p>		<p>у протезуванні передпліччя</p>
<p>бейсбол</p>	<p><i>Cobra Baseball &amp; Softball Nthrowing ND's</i> насадка для подачі бейсбольних та софтбольних м'ячів; постачається з м'ячем, який має постійно бути в насадці</p> <p><i>Grand SlamTD</i> насадка для бейсболу для неактивної руки</p>		<p>у протезуванні передпліччя</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
бейсбол	<p><i>HI-fly Fielders</i> підходить для бейсболу та софтболу; гнучка кишень сітки уможливилює захват м'яча як спереду, так і ззаду, що усуває необхідність повороту передпліччя</p> <p><i>Pinch Hitter Bat Adapters</i> насадка для утримання біти, призначена для домінувальної руки</p>		у протезуванні передпліччя
хокей	<p><i>Slap Shot Hockey</i> насадка для гравців, які грають як на ліву руку, так і на праву</p> <p><i>Power Play Hockey</i> насадка забезпечує швидке приєднання ключки, надівається на кінець її рукоятки; крім цього, насадка згинається та повертається в початкове положення під навантаженням, захищаючи гравця від травм у разі падіння або ударів</p>		у протезуванні передпліччя

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
вогнепальна зброя	<i>Lamprey Gun Turret</i> призначена для більшості спортивної вогнепальної зброї		у протезуванні передпліччя та плеча
стрільба з лука, рибальство	<i>ISHI Archery and F-ISHI Fishing TDs</i> насадка, що застосовується для стрільби з лука та рибальства; обидві насадки виготовлені з поліуретану та мають храповий механізм, що регулюється залежно від типу діяльності		
велоспорт	<i>Criterion, Wedge &amp; Pivot bicycle handlebar adapters</i> постачається два варіанти жорсткості для різних стилів їзди, також можливі три варіанти, що відрізняються діапазоном руху  <i>Mountain Master Mountain Bike TD</i> гнучка, міцна поліуретанова насадка, ударопоглинальна конструкція; велосипедист керує швидким приєднанням і звільненням насадки на кермі гірського велосипеда		у протезуванні передпліччя та плеча



Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
гольф	<p><i>Eagle &amp; Eagle Flex Golf</i>  насадка надягається на рукоятку ключки та проковзує догори, щоб затиснути рукоятку, допомагає зберегти енергію під час удару, що потрібно для гольфістів-любителів; також є варіант із більшою міцністю для професіоналів</p>		у протезуванні передпліччя
боротьба	<p><i>TRS Dragon TD</i>  насадка призначена для боротьби, контактного спорту, а також для вправ від підлоги</p>		
більярд	<p><i>Hustler TD</i>  насадка підійде для гри в пул, більярд та снукер; унеможливиює сковзання протеза по столу, водночас кільце спрямовує рух кия майже без тертя</p>		у протезуванні передпліччя та плеча

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
<p>важка атлетика</p>	<p><i>Black Iron Master</i> призначена для підняття дуже великої ваги, для механічного захвату та фіксації на ручках і стрижнях для гарантування безпеки та стабільності під час піднімання великої ваги</p> <p><i>Black Iron Trainer</i> для повсякденної важкої атлетики; за вагою є більш легкою альтернативою; підходить для широкого діапазону хватів і діаметрів рукояток на тренажерах, що є в сучасних фітнес- та тренажерних залах</p>		<p>у протезуванні передпліччя</p>
<p>заняття фізкультурою, аеробікою</p>	<p><i>Black Iron Lite</i> спеціально розроблена для легких вправ із гантелями для аеробіки, з легкими штангами та тросовим тренажером, для тренувань та вправ з опором; це ідеальна насадка для тих, хто шукає безпечний та надійний протез для тренувань із незначним навантаженням</p>		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
<p>плавання</p>	<p><i>Freestyle Swimming Device</i> насадка складається та розправляється, що забезпечує найкращі гідродинамічні характеристики; обертається на протезі, що уможливорює плавання різними стилями</p> <p><i>Kahuna TD</i> текстуровані насадки, що ідеально підходять для океанічного серфінгу</p> <p><i>Swim Fin Kit</i> забезпечує майже всі переваги <i>Freestyle Swimming Device</i>, водночас не потребує наявності протеза</p>		<p>у протезуванні передпліччя</p>
<p>стрибки зі скакалкою</p>	<p><i>Rocky Mountain High Skip Ropes</i> адаптер для скакалки розроблений так, щоб максимально оптимізувати стрибки зі скакалкою з протезом</p>		

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4
скелелазіння	<p><i>Raptor Sky Hook Rok and Gym Climbing TD</i> насадка для скелелазіння зі змінними наконечниками; крюк регулюється під різними кутами</p>		у протезуванні передпліччя
стрільба з лука, важка атлетика, гребля на човні	<p>висока міцність, надійна конструкція активного захвату з тяговим керуванням</p>		у протезуванні передпліччя та плеча

## 2.5 Системи керування протезами верхніх кінцівок

### 2.5.1 Механізми функціонування протезів, керованих рухами тіла *Системи керування протезами передпліччя*

Системи керування протезами складаються з кріплення (бандажа) з установленими на них кабелями керування (тягами).

Для розвантаження пахвової западини здорового боку від ваги протеза кріплення виготовляють без передньої тяжки. Таке кріплення називають «дев'яткою», і воно складається з петлі (рис. 2.31) і тяги. Петля охоплює протилежне надпліччя й закінчується на рівні лопатки. Від петлі в напрямку пахвової западини проходить тяга, до якої прикріплюється кабель керування, що йде від кінцевого пристрою протеза. У цьому разі тяга проходить по спині на рівні пахвових западин, це дуже важливо для жінок, оскільки таке кріплення дає змогу носити сукні з відкритим коміром. Ця тяга може проходити й по надпліччях і слугувати кріпленням протеза плеча, звільняючи груди. У процесі складання протеза на гільзі (1) встановлюють вушко (2) з кільцем (3), через яке протягують кабель керування (4) і з'єднують її з кріпленням (5).

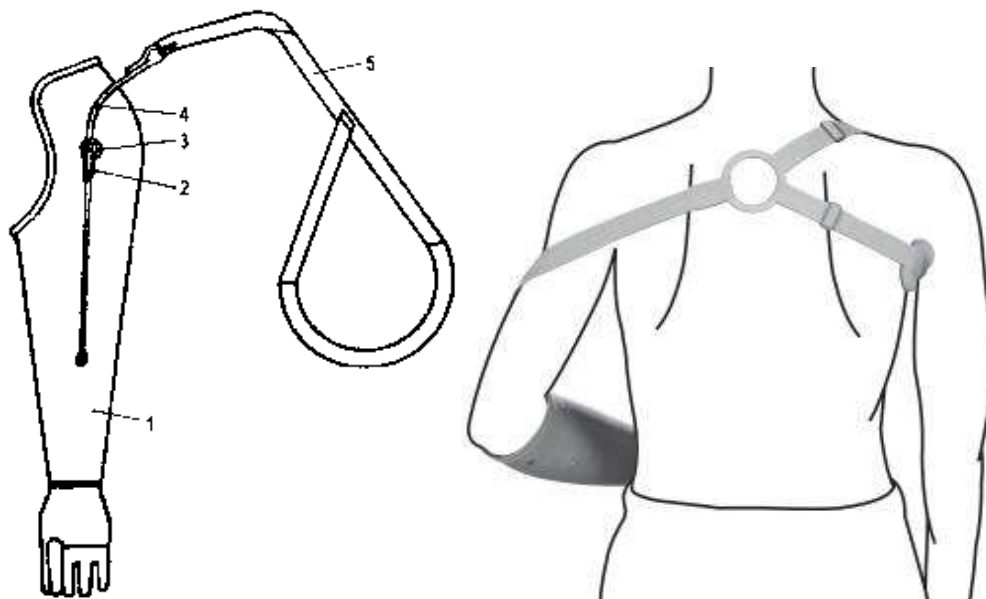


Рисунок 2.31 – Кріплення «дев'ятка»

Для функціонування захватного пристрою пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- двобічну абдукцію лопаток (відведення) в комбінації з флексією плеча для розкриття захватного пристрою (рис. 2.32, а);
- двобічну аддукцію лопаток (приведення) в комбінації з екстензією плеча для закриття захватного пристрою (рис. 2.32, б).

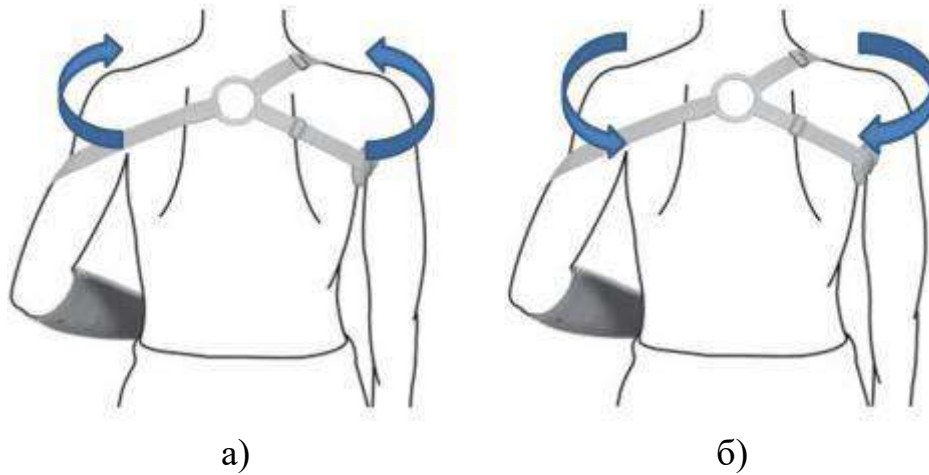


Рисунок 2.32 – Рухи для керування кінцевим пристроєм

Але частіше в активних протезах передпліччя з тяговим управлінням використовують кріплення типу «вісімки» (рис. 2.33), що за своїм виглядом нагадує цифру вісім, в якій одне кільце розрізано й утворює дві тяги. Одна тяга слугує для передачі м'язового зусилля на кінцевий пристрій, інша є підвіскою. Кріплення складається з пахової петлі (1) з пластмасовою трубкою (6), петля має щільно огинати надпліччя контрлатеральної кінцівки, кінці тянок мають перетинатися на спині людини. Точка перетину (12) розташовується нижче щодо VII шийного хребця для уникнення дискомфорту, викликаного тертям.

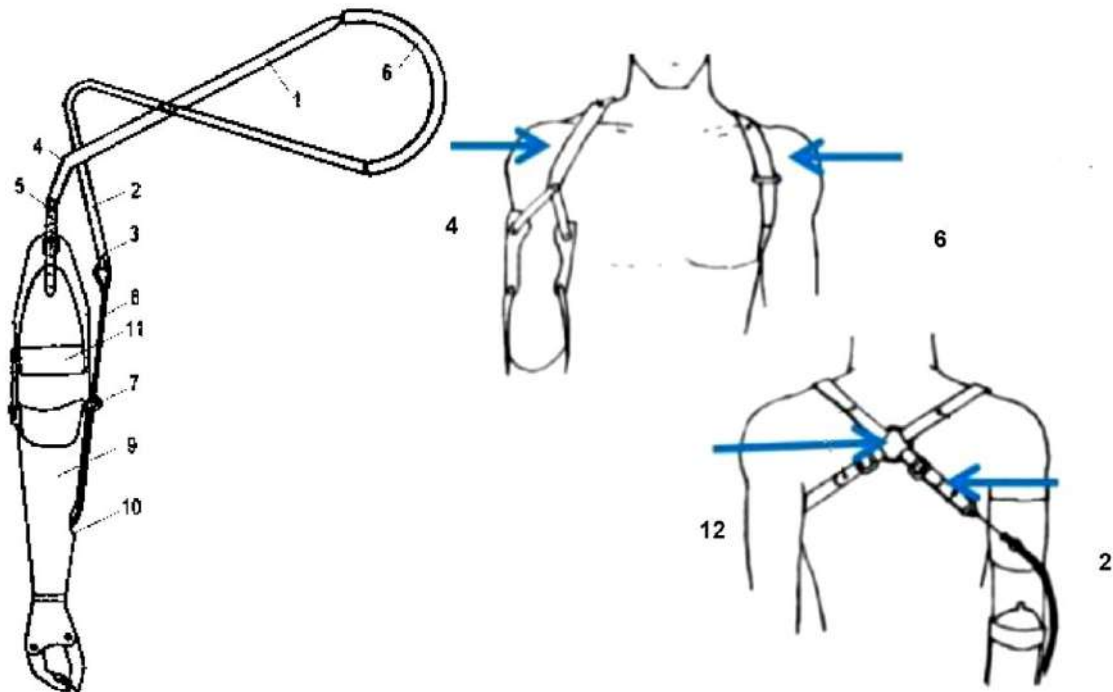


Рисунок 2.33 – Кріплення типу «вісімка»

Точка перетину деякою мірою зміщена в бік збереженої кінцівки. Передня підвіска (ремінь кріплення системи керування) (2) має перетинати

лопатку з протезованого боку й з'єднуватися з кабелем керування (8), що йде від кінцевого пристрою. З'єднання виконується на рівні пахвової западини й має бути відрегульовано так, щоб кріплення не утруднювало рух руки й водночас, у разі натягу тяги, давало змогу здійснити розкриття пальців кисті. Тянка (4), що йде від хребців і перетинає надпліччя з протезованого боку, закінчується попереду плеча на рівні пахвової западини, з'єднується з переднім підтримувальним ременем (5). Ремінець (11) охоплює лікоть, перешкоджаючи осьовому зміщенню протеза щодо кукси за умови її зігнутого положення в ліктьовому суглобі. Тянка (2) слугує для розкриття пальців. Довжина з'єданого з нею кабелем керування (8) регулюється у вушку (3). Тянка (4) слугує тільки для підвіски протеза.

У процесі виготовлення протеза після високої ампутації передпліччя застосовують кріплення типу «вісімка» з манжетою на плече (рис. 2.34).

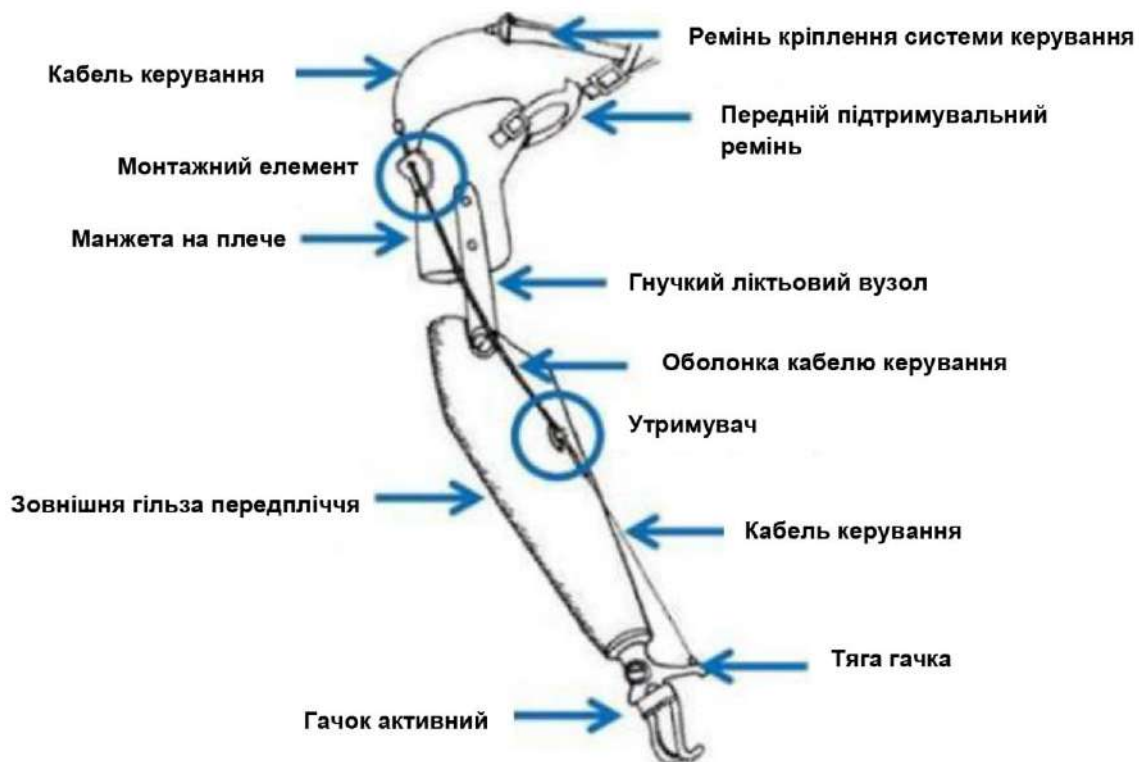


Рисунок 2.34 – Приклад кріплення типу «вісімка» з манжетою на плече

### ***Системи керування протезами плеча***

Існує два основних типи системи керування протезами плеча: тритягова й двотягова. У тритяговій системі (2.35) ремінь кріплення протеза плеча, починаючи від пахвової складки з боку збереженої кінцівки, поділяється на три окремі тяги для передачі зусиль.

Перша – тяга згинання. Від передньої пахвової складки на боці збереженої кінцівки тяга згинання проходить по спині до її середини. Далі вона

йде від внутрішнього боку плеча до зовнішнього боку, прикріплюється близько до ліктьового вузла й згинає руку в разі винесення кукси вперед.

Друга – тяга фіксації. Від того самого місця на передньому кінці пахвової складки (на боці збереженої кінцівки) відходить тяга фіксації ліктьового шарніра. Вона проходить ззаду навколо шиї, по плечу на боці протезованої кінцівки, по поверхні зовнішньої гільзи плеча до фіксатора (замка) ліктьового вузла. Механізм фіксації приводиться в дію комбінованим розгинанням шийного відділу хребта, підняттям відведеної назад руки в протезі й поштовхом кукси в протезі назад (поштовх плечем).

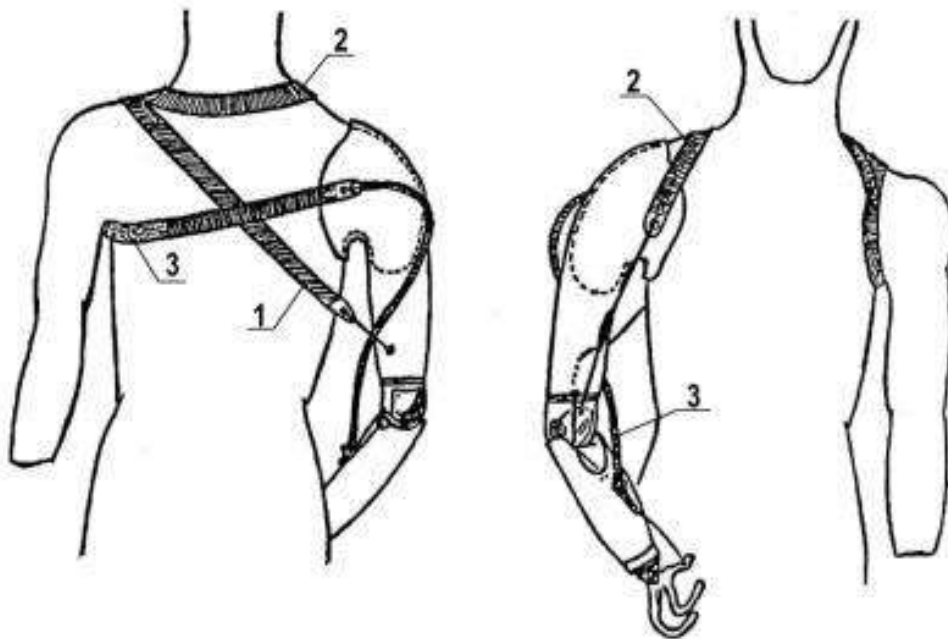


Рисунок 2.35 – Система керування протеза плеча з трьома тягами

Третя – тяга схоплення. Ця тяга починається в пахвовій складці (на боці збереженої кінцівки) від петлі бандажа ззаду. Вона проходить від точки бандажа, позаду плечового вузла до внутрішнього боку передпліччя, медіальніше щодо ліктьового вузла, до важеля схоплення або тяги розкриття кисті протеза. Джерелом сили є розведення лопаток – «котячий горб».

Тяги фіксації та схоплення проходять від пахвової складки на боці збереженої кінцівки до краю гільзи. Обидва реміня, прикріплені заклепками до гільзи (перед і за плечовим вузлом), є пружним пристроєм для кріплення протеза руки. Ці порожнисті гумові реміня розслаблюють тяги. Кріплення з трьома тягами залишає груди вільними. Повна незалежність усіх трьох тяг забезпечує виконання схоплення за умови різних положень руки в просторі, проте зростають вимоги до якості зчеплення кукси з протезом.

Для функціонування захватного пристрою пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- двобічну абдукцію лопаток (відведення) в комбінації з флексією плеча для розкриття захватного пристрою (рис. 2.36, а);
- двобічну аддукцію лопаток (приведення) в комбінації з екстензією плеча для закриття захватного пристрою (рис. 2.36, б).

Для функціонування замикання / розмикання замкового механізму ліктьового вузла пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- депресію (опускання) та елевацію (підйом) лопатки (надпліччя) на боці з ампутованою кінцівкою (рис. 2.37, а) або
- альтернативний рух: екстензію (розгинання) плеча в поєднанні з рухом лопатки (надпліччя) вперед (рис. 2.37, б).

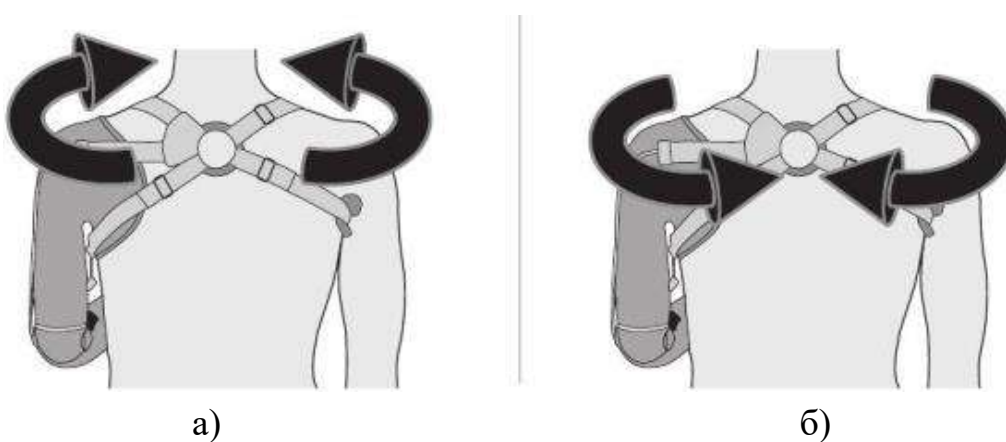


Рисунок 2.36 – Керування захватним пристроєм

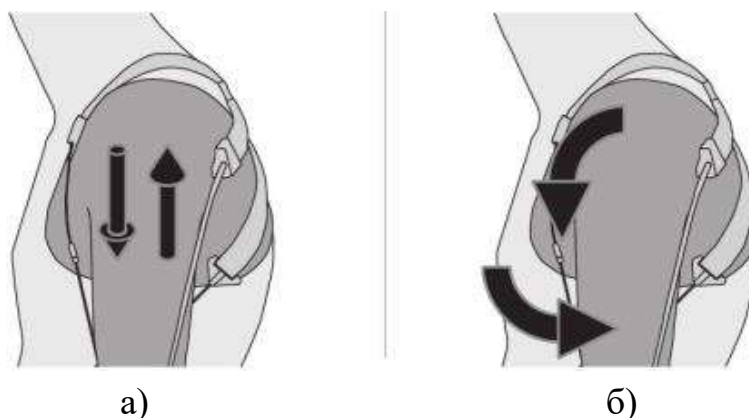


Рисунок 2.37 – Керування замковим механізмом ліктьового вузла

Для згинання / опускання протеза в лікті пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- флексію плеча (рис. 2.38, а);
- екстензію плеча (рис. 2.38, б).

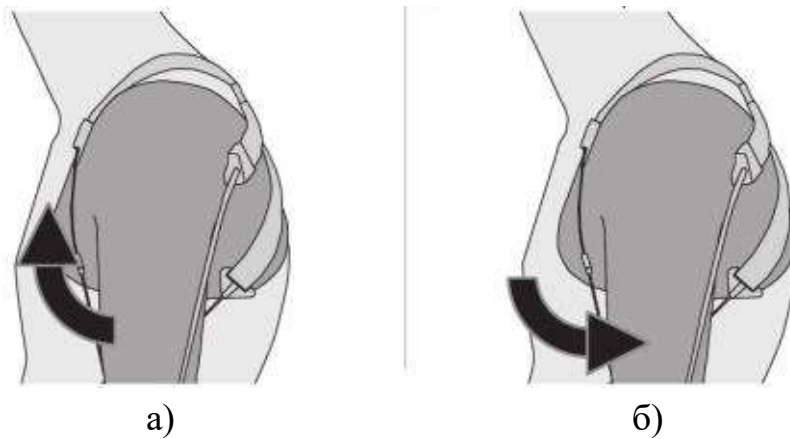


Рисунок 2.38 – Керування згинанням ліктьового вузла

Найбільш поширеною є система керування протезом плеча з двома тягами (рис. 2.39).

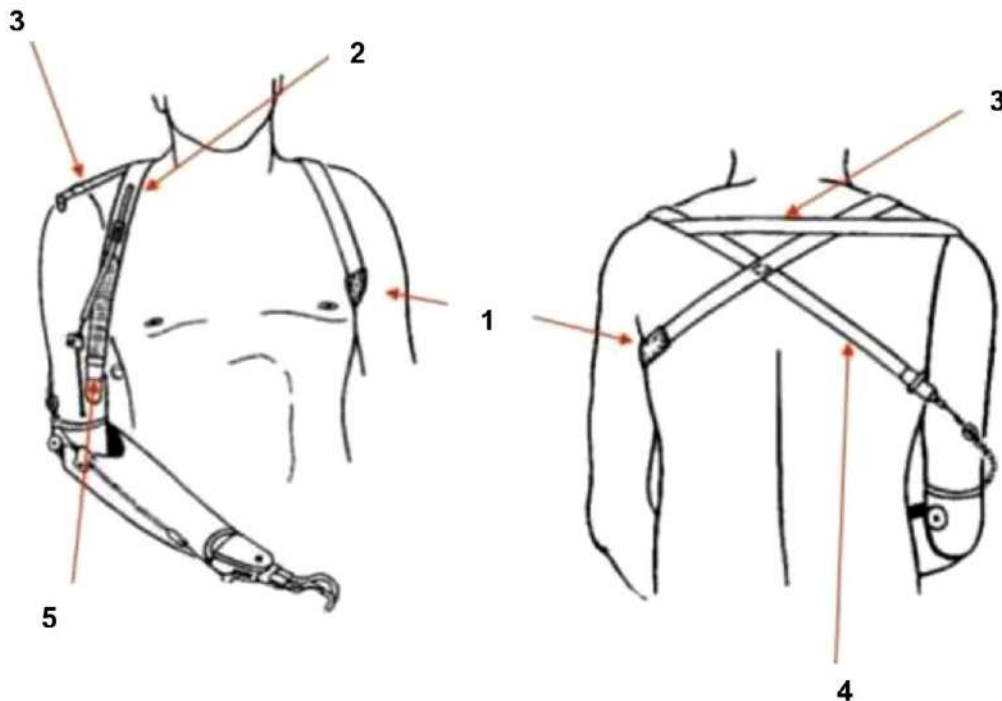


Рисунок 2.39 – Система керування протеза плеча з двома тягами

Вона має такі елементи:

- пахвова петля (1) – утримує протез на тілі, охоплює плече з боку збереженої кінцівки якомога щільніше; задній перетин ременів джгута має бути розташований ближче до збереженої кінцівки;
- передній підтримувальний ремінець (2) – починається від пахвової петлі, закінчується на передній поверхні гільзи плеча ближче до ліктьового вузла, запобігає обертанню протеза;
- бічний підтримувальний ремінець (3) – починається ззаду, у верхній частині пахвової петлі, закінчується на проксимальному бічному краї гільзи плеча;

– ремінець для кріплення кабелю управління (4) – починається на задньому перетині пахової петлі, закінчується прямим прикріпленням до кабелю управління згинанням ліктя / кінцевим пристроєм; уможливорює пряме згинання ліктя / керування кінцевим пристроєм;

– ремінець фіксації ліктя (5) еластичний – починається від переднього підтримувального ремінця, закінчується на дистальній частині гільзи плеча, забезпечує достатній хід для повороту ліктя.

Двотягова система керування (рис. 2.40) відрізняється від системи з трьома тягами тим, що тяги згинання й схоплення об'єднані разом і приводяться в рух із допомогою розведення лопаток.

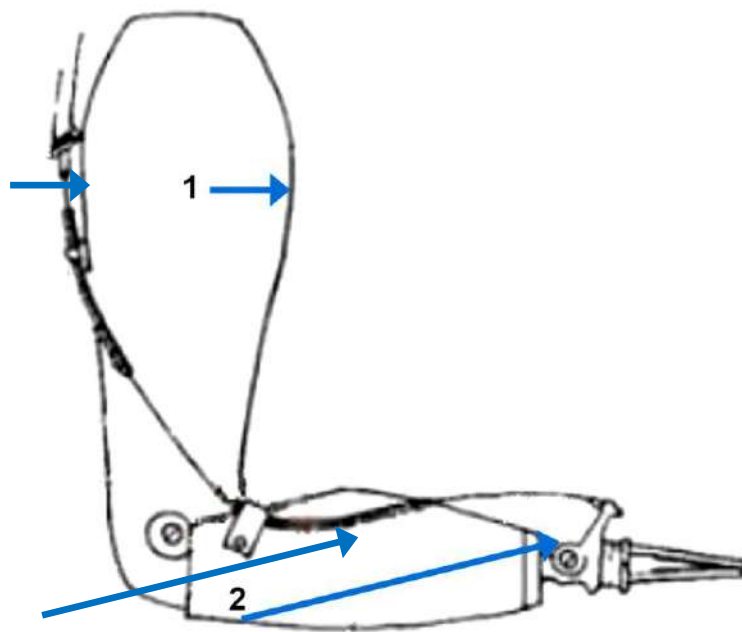


Рисунок 2.40 – Система керування протеза плеча з двома тягами

Тоді як у протезі з трьома тягами один суцільний кабель проходить від плеча до передпліччя протеза, у протезі з двома тягами він між плечем і передпліччям переривається так, що передпліччя може бути зігнуте до плеча. Це можливо доти, доки сила замикання пружини кисті протеза сильніша, ніж сила, необхідна для згинання передпліччя. Оскільки за умови досить сильного натягнення пружини схоплення необхідна сила згинання зазвичай менша від сили, необхідної для розкриття схоплення, у разі натягнення тяги (1) спочатку згинають передпліччя. Навмисне згинання руки блокується тоді тягою фіксації (2), у процесі подальшого натягнення тяги згинання (1) долається сила пружини схоплення (кисті) і вона розкривається. Отже, між згинанням руки та розкриттям кисті протеза має здійснюватися фіксація ліктьового вузла.

### **2.5.2 Механізми функціонування протезів із зовнішнім джерелом енергії**

Розвиток науки й техніки дав змогу вченим створити протези, керовані за допомогою реєстрації біоелектричних потенціалів тіла людини. Такі протези становлять групу пристроїв із зовнішнім джерелом енергії (біоелектричні протези).

До основних функцій цього протеза належать обертання кисті, схоплення та утримання предметів. Основною перевагою біоелектричних протезів є їх висока сила схоплення та велика кількість ступенів свободи. Завдяки своїм унікальним функціям такий протез допомагає особам з інвалідністю користуватись предметами малого розміру (ручка, вилка, ложка тощо), як і до ампутації. На відміну від протеза, керованого рухами тіла, зазначений тип пристрою дає змогу пацієнтові тримати правильну поставу й унеможливорює викривлення хребта в бік через постійне маневрування тулубом. Під час ходьби біоелектрична рука природно погойдується. Такий вид протеза оснащений м'яким матеріалом на кінцях пальців, що дає змогу працювати з дрібними предметами.

Сучасні біоелектричні протези зазвичай керуються одним із трьох основних методів: нейрокомп'ютерного, нейроелектричного, електроміографічного (міоелектричного). У нейрокомп'ютерних методах вихідною інформацією використовується сигнал із підкірки головного мозку. Сигнал знімається з допомогою відведень, що імплантуються в кору головного мозку. Здобуті результати обробляються й передаються на механічну частину протеза. Пристрої з таким видом керування використовують люди, які страждають від паралічу кінцівок, викликаного порушенням нейронних зв'язків між мозком і керованим органом. Основним недоліком цього методу є його інвазивність, що створює ризик зараження або пошкодження мозку в разі імплантації електродів і експлуатації протеза.

Нейроелектричний метод керування використовує сигнали, зняті з активних рухових нервів людини. У цьому методі електроди можуть імплантуватися в нервову тканину (регенеративний, електрод-манжета) або бути встановленими над нервами. Основними перевагами нейроелектричного методу є повернення чутливості способом електричної стимуляції сенсорних нервових волокон, а також відсутність залежності від відповідальних за функцію м'язів утраченої кінцівки. Недоліками методу керування є інвазивність, низькоамплітудний інформативний сигнал порівняно з навколишніми джерелами біопотенціалів, неможливість використання за умови повного паралічу кінцівок. Основним ризиком у застосуванні таких

протезів є ймовірність руйнування або пошкодження нерва та навколишніх щодо нього тканин, післяопераційне зараження організму.

Електроміографічні методи найчастіше використовуються в практиці. У таких методах вихідною інформацією для керування протезом є міоелектричний сигнал – той, що знімається із збуджених м'язових волокон або в разі зміни об'єму м'язів, зокрема їх скорочення. Сутність такого способу керування полягає в реєстрації (зчитуванні) за допомогою двох електродів на куксі біоелектричного сигналу активності м'язів. Потім слабка напруга мікрвольтового діапазону посилюється й у вигляді керувальних сигналів передається мікроконтролером блоку керування, де аналізується й перетворюється в команду для виконавчого механізму протеза (рис. 2.41). Приклад міоелектричного протеза наведено на рис. 2.42.

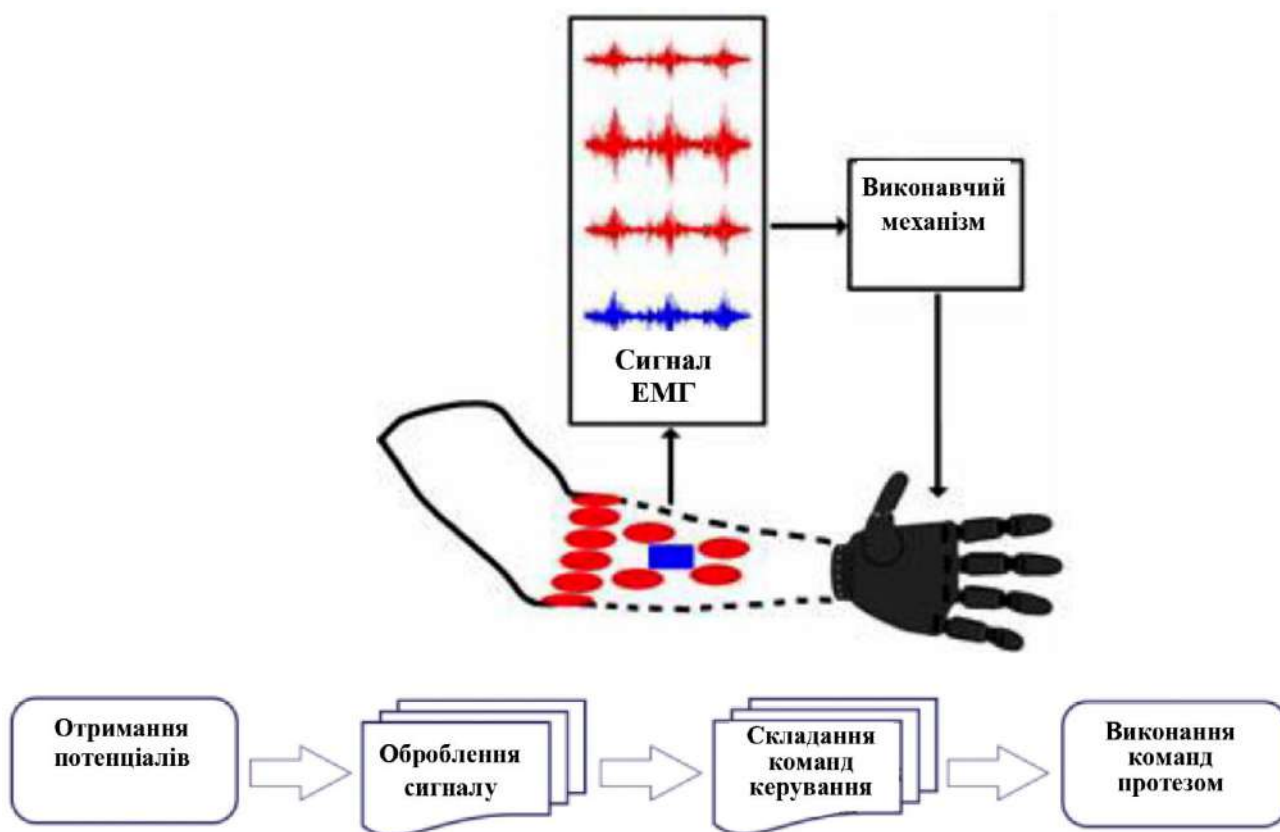


Рисунок 2.41 – Блок-схема роботи системи керування протезом

Основними перевагами електроміографічного методу керування є його неінвазивність і простота організація управління протезом. Результат роботи пристроїв із таким методом керування безпосередньо залежить від декількох факторів: кількості інформативних площ, розташування електродів на інформативній поверхні, зміни положення електродів у процесі експлуатації. Основною умовою для використання електроміографічних протезів

є збереження активності й цілісності м'язового волокна, що відповідає за керування відсутньої кінцівки.

Одним із прикладів розробки сучасних міоелектричних протезів є кисть *I limb* фірми *Ossur* (рис. 2.43).

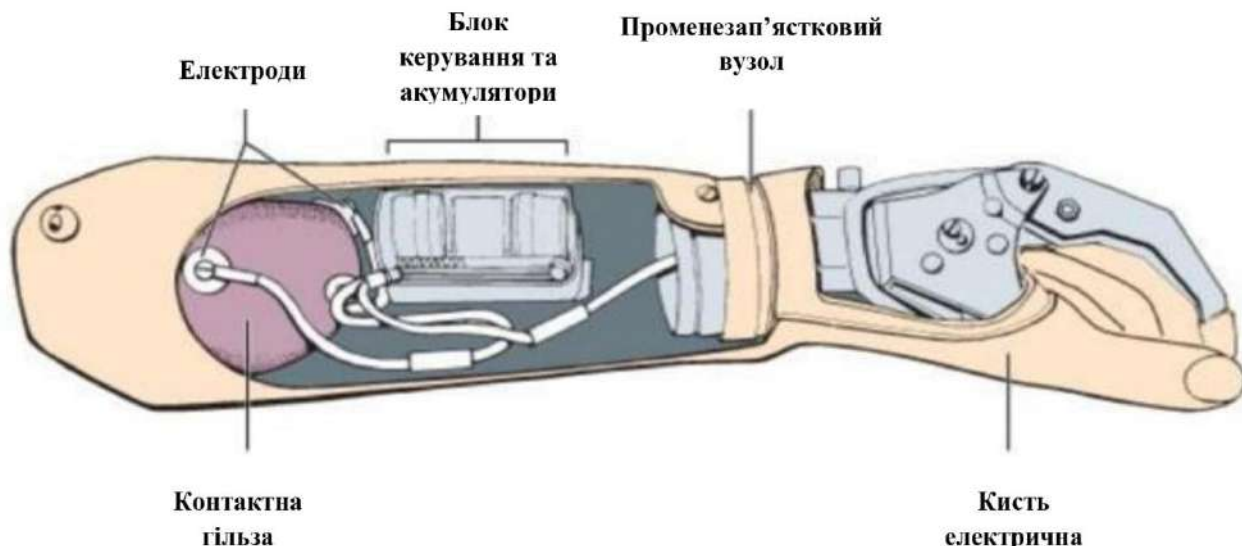


Рисунок 2.42 – Зовнішній вигляд міоелектричного протеза передпліччя



Рисунок 2.43 – Зовнішній вигляд кисті *I limb* та в протезі передпліччя

Ця кисть належить до виду, що складається з кількох модифікацій (зазначені в табл. 2.4), що мають певний набір функцій, типорозмірів (великий, середній, малий, дуже малий) та варіабельного ряду зап'ястків.

Види конструкції зап'ястків:

– швидкоз'ємний, що дає змогу мати в протезі пацієнта два кінцевих пристрої (кисть і розщеплений функційний гачок) і може суміщатися з ротаційним активним пристроєм, що забезпечує ротацію способом керування імпульсами м'язів;

- фрикційний – уможливорює пасивну (сторонньою силою, наприклад збереженою рукою) ротацію кисті з регульованою тугорухомістю;
- флексійний – забезпечує пасивно (сторонньою силою, наприклад збереженою рукою) обрані положення флексії / екстензії кисті та може суміщатися з ротаційним активним пристроєм, що уможливорює ротацію способом керування імпульсами м'язів; нерухомий, який не дозволяє ні ротацію кисті, ні її швидке від'єднання, призначений для пацієнтів із довгою куксою передпліччя.

Таблиця 2.4 – Функціональна характеристика кисті *I limb*

Порівняння функцій модифікацій кисті <i>I limb</i>			
Параметри керування	Quantum	Ultra	Access
інтелектуальними рухами <i>i-to</i>	так	–	–
за допомогою оригінального застосунка <i>My I limb</i>	так	так	так
тригерами-міосигналами	так	так	так
наближенням протеза до чипів <i>Grip Chip з Bluetooth</i>	так	–	–
кількість доступних вбудованих захватів	24	18	12
кількість захватів, що може створювати користувач, <i>My grips</i>	12	–	–
прискорення швидкості	так	так	так
механізоване обертання першого (великого) пальця	так	так	–
дотискання під час захвату ( <i>vari-grip</i> )	так	так	–
перехід у положення природної кисті	так	так	–

Людина може обирати із набору автоматичних захватів і жестів ті, що потрібні саме для неї під час виконання повсякденних завдань. Пацієнт може дозувати й контролювати зусилля, необхідне для підняття важкого або легкого предмета.

Кисть має кілька функцій і способів керування залежно від модифікації:

- функцію поліпшеного захвату зі збільшенням зусилля дотискання під час захвату предмета (*vari-grip*);
- функцію автоматичного захвату (*auto-grasp*), що унеможливорює мимовільне розкриття пальців і запобігає вислизанню предмета;
- керування тригерами-міосигналами збережених м'язів на кисті; є функція налаштування захвату на певний сигнал або комбінацію (довгий імпульс, короткий подвійний, короткий потрійний, сумісний одночасний);
- керування за допомогою оригінального застосунка *My I limb* на пристрої *Apple iOS*, який підтримується, наприклад *iPhone* або *iPad*.

Цією програмою передбачена зміна захватів торканням на обрані іконки, розташовані на екрані пристрою;

– керування наближенням протеза до чипів з *Bluetooth – Grip Chip*, що програмують протягом протезування на певний захват або набір захватів. Ці чипи встановлюють у будь-якому зручному для споживача місці. Наприклад, на клавіатурі комп'ютера, що дає змогу швидко перемикає до обраного набору захватів і тригерів для їх активації, необхідних для роботи на комп'ютері;

– мають інтелектуальний рух *i-to* – управління простими жестами, що дає змогу активувати запрограмований вид захвату шляхом переміщення протеза з міоелектричними пальцями в одному з чотирьох напрямків у горизонтальній площині (назад, уперед, наліво, направо).

*I-limb quantum* має 24 різних попередньо запрограмованих захвати (деякі з них наведено в табл. 2.5) і є досяжними для користувача ще 12. Ці захвати програмуються через *BioSim-Pro-* й *BioSim-*застосунки.

Максимальна межа навантаження кисті (статична) 40 кг (для кисті дуже малого розміру) та 90 кг (для кисті великого розміру), допустиме навантаження на пальці 20 кг (для кисті дуже малого розміру) та 32 кг – на інші.

Кисть може встановлюватись і протези після вичленення в променезап'ястковому суглобі, передпліччя, плеча, після вичленення в ліктьовому й плечовому суглобах.

Ще однією сучасною мультифункціональною електричною кистю є *Bebionic* фірми *Otto Bock*, зовнішній вигляд та функції якої наведено в табл. 2.6. Ця кисть має широкий діапазон опцій, кілька розмірів, пропорційне регулювання швидкості, 14 видів захватів. Кожен палець має окремий двигун.

Види захватів основані здебільшого на положенні великого пальця: опозиційне й латеральне.

Кисть *Bebionic* може бути оснащена однією з чотирьох опцій зап'ястка для задоволення особистих потреб споживача: зап'ясток *EQD* (з електричним швидким від'єднанням), короткий зап'ясток *Short* для довгої кукси / у разі екзартикуляції зап'ястка, а також зап'ястків *Multi-flex* і *Flexion*, що забезпечують розширений діапазон рухів.

Пасивно (сторонньою силою, наприклад збереженою рукою) змінюване положення великого пальця дає змогу виконувати значну кількість повсякденних завдань. М'які подушечки пальців і широкий великий максимізують площу контактної поверхні та поліпшують захват.

Таблиця 2.5 – Захвати та жести кисті *I-limb Quantum*

Захват	Зображення	Захват	Зображення
1	2	3	4
<b>Точні захвати</b>			
<p>середній, безіменний пальці та мізинець залишаються повністю відкритими й нерухомими; вказівний і великий пальці поєднуються в захваті</p>	<p><i>Standard Precision Pinch Opened</i></p> 	<p>середній, безіменний пальці та мізинець залишаються повністю відкритими й нерухомими; великий палець автоматично переходить в частково закрите положення; вказівний рухається в процесі захвату до контакту із зафіксованим першим пальцем</p>	<p><i>Thumb Precision Pinch Opened</i></p> 
<p>середній, безіменний пальці та мізинець автоматично закриваються й не рухаються; вказівний і великий пальці поєднуються в захваті</p>	<p><i>Standard Precision Pinch Closed</i></p> 	<p>середній, безіменний пальці та мізинець автоматично закриваються й не рухаються; великий палець автоматично переходить у частково закрите положення; вказівний рухається під час захвату до контакту із зафіксованим першим пальцем</p>	<p><i>Thumb Precision Pinch Closed</i></p> 





Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
<b>Захвати із залученням трьох пальців</b>			
<p>безіменний палець і мізинець залишаються повністю відкритими й нерухомими; великий, вказівний і середній пальці рухаються та поєднуються в захваті</p>	<p><i>Standard 3 Jaw Chuck (Tripod) Opened</i></p> 	<p>безіменний палець і мізинець рухаються, доки не закриються; великий, вказівний та середній пальці рухаються та поєднуються в захваті</p>	<p><i>Standard 3 Jaw Chuck (Tripod) Closed</i></p> 
<p>безіменний палець і мізинець залишаються повністю відкритими й нерухомими; великий палець автоматично переходить у частково закрите положення; вказівний і середній пальці рухаються та поєднуються в захваті з фіксованим першим</p>	<p><i>Thumb 3 Jaw Chuck (Tripod) Opened</i></p> 	<p>безіменний палець і мізинець залишаються повністю закритими; великий палець автоматично переходить у частково закрите положення; вказівний та середній пальці рухаються та поєднуються в захваті з фіксованим першим</p>	<p><i>Thumb 3 Jaw Chuck (Tripod) Closed</i></p> 







Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
<b>Додаткові захвати й жести</b>			
<p>II–IV пальці залишаються відкритими й нерухомими, рухається тільки великий</p>	<p><i>Thumb Park Continuous</i></p> 	<p>II–IV пальці залишаються відкритими й нерухомими; протягом 1,5 с великий палець закривається, а потім автоматично повертається у відкрите положення</p>	<p><i>Thumb Park Quick</i></p> 
<p>II–IV пальці залишаються закритими й нерухомими, рухається тільки великий</p>	<p><i>Lateral Grip</i></p> 	<p>усі пальці, крім вказівного, затиснуті в кулак, рухається тільки вказівний</p>	<p><i>Index Point</i></p> 

Кінець таблиці 2.5

1	2	3	4
<p>кисть приймає відповідну позицію для схоплення предметів циліндричної форми</p>	<p><i>Cylindrical</i></p> 	<p>кисть повністю розкрита для утримання плоских предметів, наприклад тарілки</p>	<p><i>Open Palm</i></p> 
<p>кисть приймає відповідну позицію для використання пульверизатора; залишаються активними й рухаються вказівний і середній пальці</p>	<p><i>Trigger Two Finger</i></p> 	<p>кисть приймає позицію для захвату комп'ютерної миші; рухається вказівний палець</p>	<p><i>Mouse</i></p> 





Таблиця 2.6 – Функції кисті *Bebionic* фірми *Otto Bock*

1	2	3
		
<p>Зовнішній вигляд</p>	<p>Опозиційне положення першого пальця</p>	<p>Латеральне положення першого пальця</p>
		
<p>Активний вказівний палець</p>	<p>Фіксована точка натискання</p>	<p>Кулак</p>
<p>забезпечує положення вказівного пальця для ефективного керування домашньою та садовою технікою, а також для користування феном, електроінструментом і под.</p>	<p>це спосіб натискання на досить важкі предмети або перемикачі та кнопки; доцільно використовувати під час керування автотранспортом, для вмикання побутових приладів, а також під час одягання</p>	<p>зручний для носіння валізи, портфеля</p>

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
		
<p align="center"><b>Силовий захват</b></p>	<p align="center"><b>Ключ</b></p>	<p align="center"><b>Комп'ютерна миша</b></p>
<p>для рукостискань, кидання м'ячів, користування садовим інвентарем, підходить для необхідної сили стискання</p>	<p>для випадків, коли необхідно пронести аркуш, взяти ложку або утримувати кредитну картку чи ключ</p>	<p>великий палець та мізинець торкається бокової поверхні миші, а середній і безіменний забезпечують стабільність; вказівний палець закриває кнопку миші, а потім відходить для натискання кнопки</p>
		
<p align="center"><b>Відкрита долоня</b></p>	<p align="center"><b>Щипання</b></p>	<p align="center"><b>Приведення пальців</b></p>
<p>дає змогу нести піднос або тарілку</p>	<p>можливо застосовувати для виконання точних дій з предметами</p>	<p>тонкі предмети, такі як столове приладдя або зубну щітку, можливо утримувати між пальцями</p>

Кінець таблиці 2.6

1	2	3
		
Трипальцевий	Точний відкритий	Точний закритий
дає змогу піднімати, утримувати й виконувати дії з повсякденними предметами, такими як ключі від машини, монети, кришки та ручки	для ситуацій, коли необхідне «точне відкриття», але коли розігнуті пальці заважають, як, наприклад, під час роботи за столом	для виконання дій з дрібними предметами, коли великий палець протистоїть іншим
		
Природна кисть		
великий палець установлюється в латеральне положення й частково приводиться в бік долоні; усі пальці мають злегка зігнуте положення		

1. Зап'ясток *EQD* дає змогу обертальним рухом зняти кисть за необхідності. Користувач може швидко повернути й зняти або приєднати також другий кінцевий пристрій.

2. Короткий зап'ясток *Short* оснащений низьким з'єднувальним профілем і застосовується за умови довгої кукси.

3. Зап'ясток *Multi-flex* забезпечує пасивні рухи в усіх напрямках, є можливість блокування флексії / екстензії під кутом 30°. Бокові відхилення можливі, коли зап'ясток зафіксовано в певному куті згинання.

4. Зап'ясток *Flexion* – універсальний пристрій із можливістю згинання, що дає змогу легко зафіксувати / розфіксувати його й перемістити кисть в інше положення. Є можливість фіксації в трьох положеннях.

Способи керування для вибору захвату полягають у залученні тригерів – міосигналів та їх комбінацій і перемикальні кнопки на тильному боці кисті.

Усі кисті та компоненти до протезів мають комп'ютерне налаштування, що здійснюється фахівцем під час протезування.

## 2.6 Контрольні завдання

1. Наведіть класифікацію протезів верхніх кінцівок.
2. Поясніть основні біомеханічні основи протезування після ампутації верхніх кінцівок.
3. Опишіть конструкції протезів у разі часткової ампутації кисті та/або на рівні п'ястних кісток.
4. Схарактеризуйте конструкції протезів після вичленення в променезап'ястковому суглобі.
5. Перелічіть типи контактних гільз протезів передпліччя.
6. Опишіть конструкції протезів передпліччя.
7. Схарактеризуйте конструкції протезів після вичленення в ліктьовому суглобі.
8. Перелічіть типи контактних гільз протезів плеча.
9. Опишіть конструкції протезів плеча.
10. Схарактеризуйте конструкції протезів після вичленення в плечовому суглобі та міжлопатково-грудинного вичленення.
11. Наведіть конструктивні рішення протезів для занять спортом.
12. Поясніть механізми функціонування протезів передпліччя, керованих рухами тіла.
13. Опишіть механізми функціонування протезів плеча, керованих рухами тіла.
14. Поясніть принципи функціонування протезів із зовнішнім джерелом енергії.

## 3 ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТЕЗІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

### 3.1 Комплектувальні вироби для виготовлення протезів верхніх кінцівок

До комплектувальних виробів для виготовлення протезів верхніх кінцівок належать:

- кінцеві пристрої;
- променезап'ясткові вузли;
- ліктьові вузли;
- плечові вузли.

#### *Кінцеві пристрої*

Кінцевий пристрій – це компонент, який замінює кисть і використовується для схоплення й утримання об'єктів. Він зазвичай має форму гачка або кисті, залежно від того, чи призначена його функція для виконання активних завдань або він має косметичне призначення. Кінцеві пристрої можуть бути пасивними чи активними, з довільним відкриттям або довільним закриттям.

До пасивних кінцевих пристроїв належать:

- кисті пасивні;
- гачки;
- насадки.

Кисті пасивні косметичні бувають косметичні та кисті з розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям.

Косметична кисть може мати різні конструкції:

- косметична оболонка зі спініним наповнювачем і дротяним каркасом усередині (рис. 3.1, а);
- каркас зі спіненого матеріалу, виготовлений методом лиття, на який надівається косметична оболонка (рис. 3.1, б).



а)

б)

Рисунок 3.1 – Кисті косметичні

Кисть із розкриттям збереженою кінцівкою та автоматичним закриттям виготовляється за принципом штучної кисті з пружинним схопленням пасивної дії. Складається з механізму кисті та формоутворювальної оболонки (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Пасивна кисть із розкриттям збереженою кінцівкою

Гачок виготовляється зі сталі або алюмінію та може бути покритий неопреном (рис. 3.3). Керування гачком здійснюється збереженою кінцівкою.



Рисунок 3.3 – Гачок

Кисті менш функціональні, ніж гачок: гачок має меншу вагу, ніж кисть, і легше бачити схоплювані предмети. Недоліком гачка є його некосметичність.

Насадки мають безліч доступних конструкцій і розмірів, а також є спеціалізовані або виготовлені на замовлення пристрої, що можна використовувати для виконання конкретних завдань (табл. 3.1).

Це дає змогу обрати інструмент, що найкращим чином дасть змогу досягти певної мети (косметика, самообслуговування, виконання професійної діяльності і т.д.). У призначенні кінцевого пристрою враховується виконувана робота (сила, точність, довкілля), психомоторні особливості, побажання людини з ампутованою кінцівкою тощо.

Таблиця 3.1 – Приклад комплекту пасивних насадок для самообслуговування та гігієни

		
Насадка «ложка столова»	Насадка «ложка чайна»	Насадка «виделка»
		
Насадка «ніж кухонний»	Насадка «утримувач»	Насадка «утримувач чашки»
		
Насадка «гребінець-щітка»	Насадка «утримувач для зубної щітки, бритви»	Насадка «утримувач для мочалки»
		
Насадка для взування	Насадка для застібання гудзиків і зміюк	Насадка-гачок
		
Футляр		

Активні кінцеві пристрої більш функціональні й поділяються на:

- пристрої, керовані рухами тіла;
- пристрої, керовані зовнішнім джерелом енергії.

До пристроїв, керованих рухами тіла, належать (як у пасивних пристроях):

- кисті активні;
- гачки активні;
- насадки активні;

Активна кисть має пружинне схоплення: розкриття здійснюється за допомогою тяги, схоплення – під дією пружини. (Патент України на винахід № 100216 від 26.11.2012 «Штучна кисть протеза верхньої кінцівки», заявник УкрНДІпротезування.)

Складається з механізму кисті та формоутворювальної оболонки (рис. 3.4).

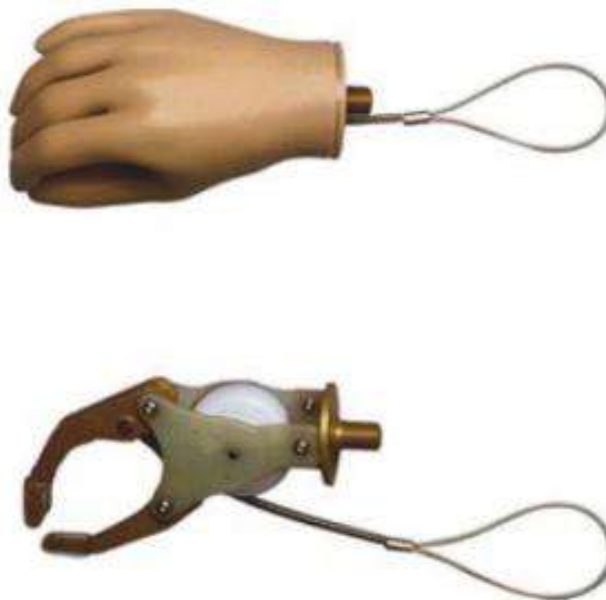


Рисунок 3.4 – Кисть активна

Активний гачок має рухому та нерухому бранші, з'єднані між собою віссю. Активне розкриття бранш забезпечується важелем, розташованим на рухомій бранші (рис. 3.5). Активне розкриття бранш здійснюється під дією тяги, а пасивне схоплення – за допомогою пружин.



Рисунок 3.5 – Приклади активних гачків

Керування активними насадками здійснюється під дією тяги (табл. 3.2).

Таблиця 3.2– Приклади активних насадок

		
Насадка «щипці-кільце»	Насадка «щипці-кільце» активна	Насадка для клавіатури
		
Насадка «ножиці»	Насадка «голкутримач»	Насадка «побутова універсальна»
		
Захват-пасатижі		

До кінцевих пристроїв, керованих зовнішнім джерелом енергії, належать електрокисті. Після ампутації завжди зберігається частина колишньої схоплювальної мускулатури. У процесі скорочення м'язів змінюється електрична напруга, що сприймається на шкіряному покриві керувальними електродами. Установлена в електродах електронна підсилювальна система дає змогу вже за умови незначного скорочення виробляти сигнали увімкнення й вимкнення електродвигуна. За допомогою мініатюрної механічної передачі компактний, але потужний електродвигун приводить у рух пальці. Приклади кистей наведено на рис. 3.6.

Мало які частини людського тіла є такими універсальними й складними, як кисті рук. Тільки завдяки ідеальній взаємодії нервів, сухожиль, 27 кісток, 39 м'язів і 36 суглобів ми маємо змогу виконувати різні повсякденні дії. Одне з найбільших завдань у галузі медичних технологій – відтворення багатьох із цих різноманітних функцій у протезі. Стрімкий розвиток технологічних рішень наближає функції штучної кисті до природних.

Так, наприклад, кисть *Michelangelo* (*Ottobock Group*) (рис. 3.7) із сімома різними можливостями схоплення відновлює численні функції природної кисті. Сила схоплення становить 6–7 кг. Можна дозувати й контролювати зусилля, необхідне для підняття важкого або легкого предмета.

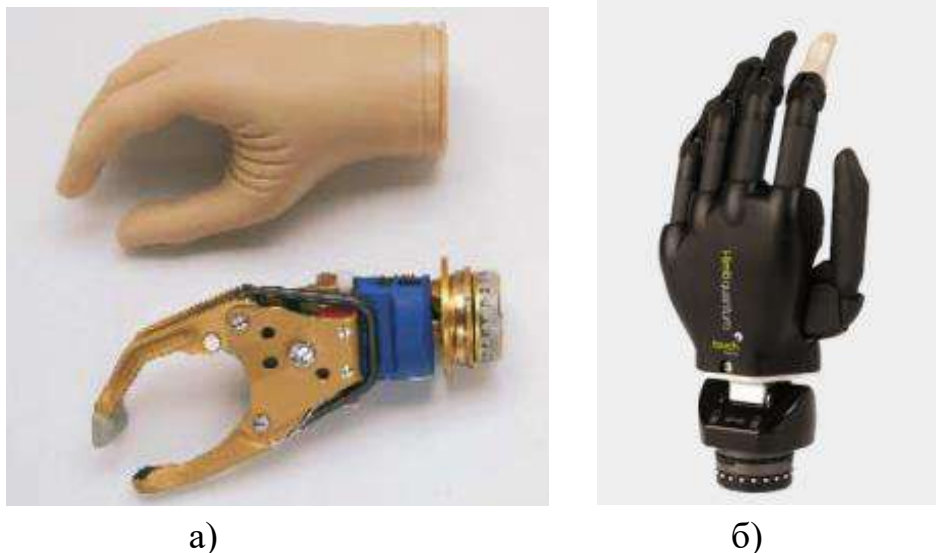


Рисунок 3.6 – Приклади кистей, керованих зовнішнім джерелом енергії:  
а – кисть *SensorHand Speed* (*Ottobock Group*);  
б – кисть *Touch Bionics* (*OSSUR*)



Рисунок 3.7 – Штучна кисть *Michelangelo*

Сім різних типів схоплення.

#### *Бічне затискання*

Для виконання бічного затискання, відомого також як «схоплення ключа», великий палець приводиться до вказівного збоку. Це дає змогу схоплювати плоскі предмети, такі як аркуш папера або кредитна картка.

#### *Бічне механічне схоплення*

Великий палець рухається в бічному напрямку до вказівного пальця. Це дає змогу схоплювати плоскі предмети середнього розміру, наприклад мобільний телефон.

### *Відведення / приведення пальців*

Розставлення та зведення пальців разом допомагає тримати тонкі плоскі предмети (< 3 мм), зокрема грошові купюри.

### *Щіпка*

У разі так званої «щіпки» великий палець разом із вказівним і середнім створюють триточкову підтримку, даючи змогу акуратно тримати невеликі предмети, зокрема олівець.

### *Зустрічне механічне схоплення*

Ширина розкриття долоні допомагає надійно тримати предмети великого діаметра.

### *Відкрита долоня*

Плоске положення кисті досягається з допомогою розкритої долоні, отже, можна нести такі предмети, як тарілка або підставка.

### *Природний режим*

Кисть *Michelangelo* виглядає дуже природно в нейтральному положенні. У гнучкому режимі зап'ястя під час натискання злегка прогинається. Якщо людина розслабляє м'язи, то кисть *Michelangelo* повертається в природне нейтральне положення.

## ***Променезап'ясткові вузли***

Променезап'ясткові вузли призначені для відновлення деяких функцій утраченого променезап'ясткового суглоба за допомогою керованих рухів і забезпечують орієнтацію кінцевого пристрою в просторі.

### *Основні види променезап'ясткових вузлів*

– Швидкозмінні променезап'ясткові вузли – дають змогу здійснювати швидкий обмін різними кінцевими пристроями (рис. 3.8, а).

– Променезап'ясткові вузли з постійним тертям – призначені для забезпечення постійного тертя на всьому діапазоні обертання кінцевого пристрою (рис. 3.8, б).

– Фрикційні променезап'ясткові вузли – дають змогу пацієнтові замінити супінацію та пронацію шляхом ручного обертання кінцевого пристрою збереженою кінцівкою (рис. 3.8, в).

– Блок згинання зап'ястя – покращена функція діяльності відхиленням від середньої лінії, наприклад: гоління, застібання гудзиків, прийом їжі (рис. 3.8, г).

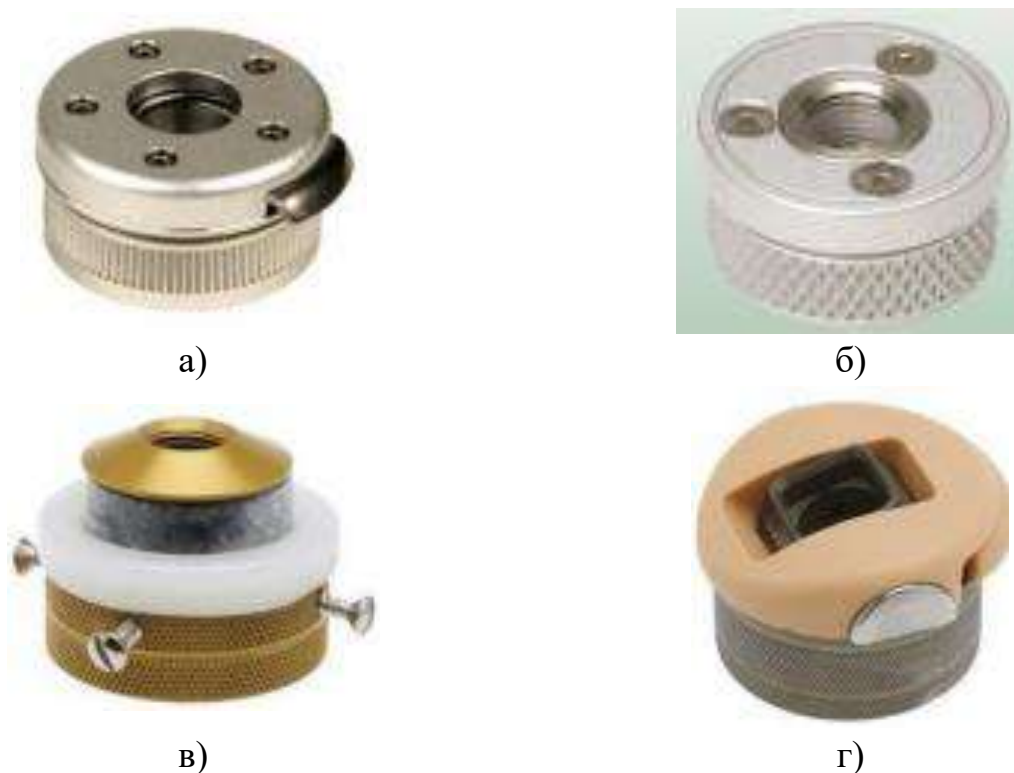


Рисунок 3.8 – Види променезап’ясткових вузлів

### *Ліктьові вузли*

Ліктьові вузли призначені для відновлення деяких функцій втраченого ліктьового суглоба з допомогою керованих рухів.

Ліктьові вузли обирають з огляду на рівень ампутації, оскільки супінація та пронація передпліччя зменшується залежно від збільшення рівня ампутації.

Типи ліктьових вузлів:

– жорсткі ліктьові вузли – призначаються в разі коротких кукс передпліччя або вичленення в ліктьовому суглобі та мають дві шини, з’єднані за допомогою осі; на одній із шин установлений упор, на іншій передбачений виріз для обмеження згинання та розгинання (рис. 3.9, а);

– ліктьові вузли з фіксацією – призначаються після ампутацій на рівні плеча (ліктьові вузли можуть згинатися й фіксуватися в різних положеннях).

Ліктьові вузли з фіксацією:

– ендоскелетовані з пасивною фіксацією – положення вузла регулюється збереженою кінцівкою (рис. 3.9, б);

– ендоскелетовані з активною (тяговою) фіксацією – положення вузла регулюється за допомогою тяг (рис. 3.9, в);

– екзоскелетовані з пасивною фіксацією – положення вузла регулюється збереженою кінцівкою (рис. 3.9, г);

– екзоскелетовані з активною (тяговою) фіксацією – положення вузла регулюється за допомогою тяг (рис. 3.9, д).

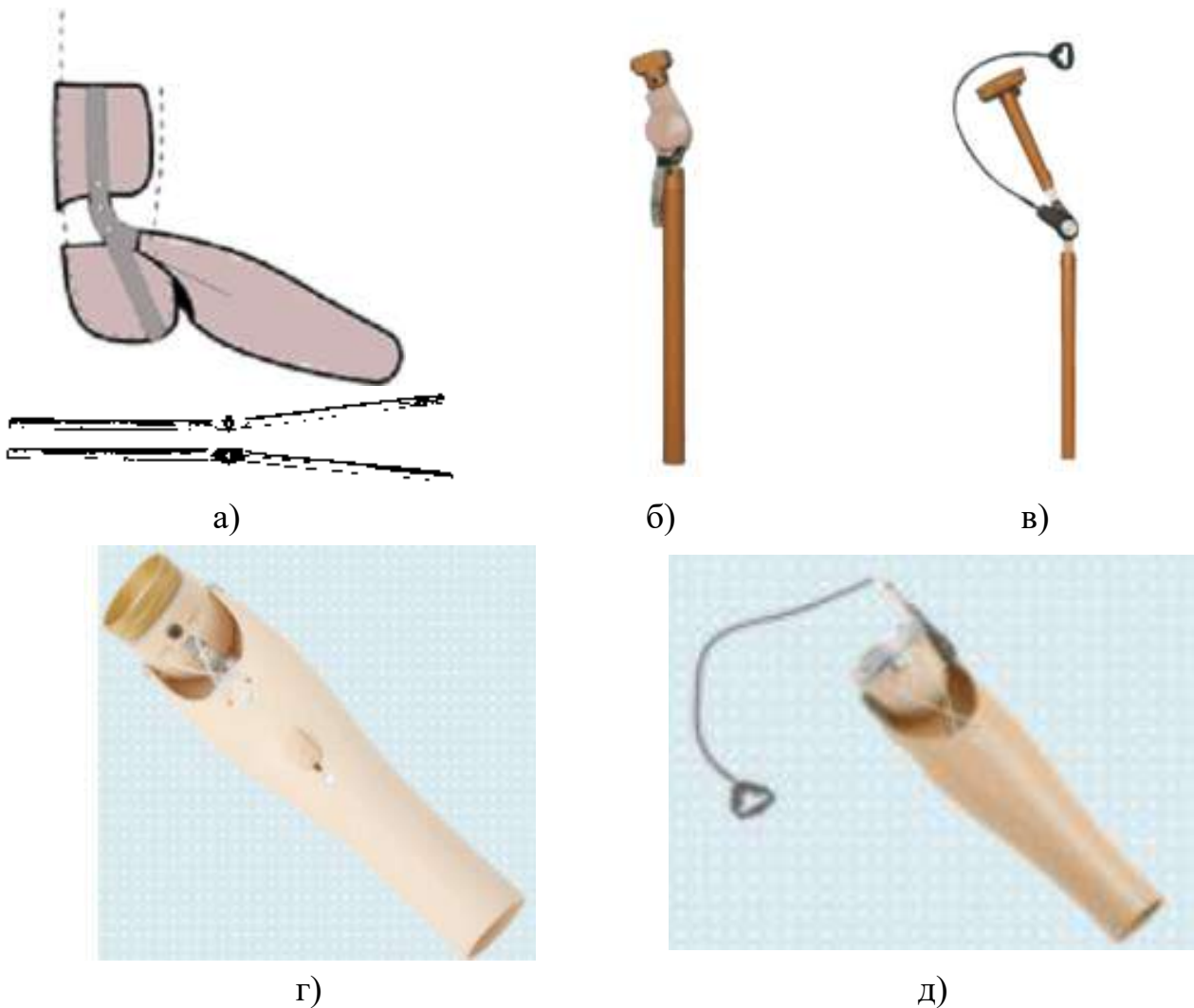


Рисунок 3.9 – Типи ліктьових вузлів

### ***Плечові вузли***

Плечові вузли бувають:

#### **1. Пасивний плечовий вузол без фіксації (рис. 3.10, а, б, в)**

Модифікація вузла використовується залежно від форми, матеріалу, технології виготовлення гільзи на плече, а також від виду (способу) застосовуваного кріплення. Плечовий вузол забезпечує рухи:

- у фронтальній площині щодо горизонталі, яка проходить спереду назад крізь вісь шарніра плеча (відведення) – у межах від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ ;
- у сагітальній площині (згинання / розгинання) щодо горизонталі – у межах від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Перевагою вузлів є простота й легкість, недоліком – відсутність фіксації.

#### **2. Пасивний вузол із фіксацією (рис. 3.10, г)**

Цей плечовий вузол підходить як для виготовлення протезів із базовими функціями, так і для протезування з використанням високотехнологічних компонентів. Вільний мах з амплітудою до  $40^\circ$  знижує навантаження і дає

змогу навіть користувачам із двобічною ампутацією досягти природної гармонії рухів. Фіксація зі зміщенням уперед на  $30^\circ$  і розблокування здійснюється з допомогою визначених рухів тулуба або збереженої кінцівки. Додаткові елементи для управління шарніром, наприклад, вимикач або тяговий бандаж, що не потрібні. Можливість відведення до  $20^\circ$  дає змогу користувачеві комфортніше виконувати рухи й маніпуляції в повсякденному житті.

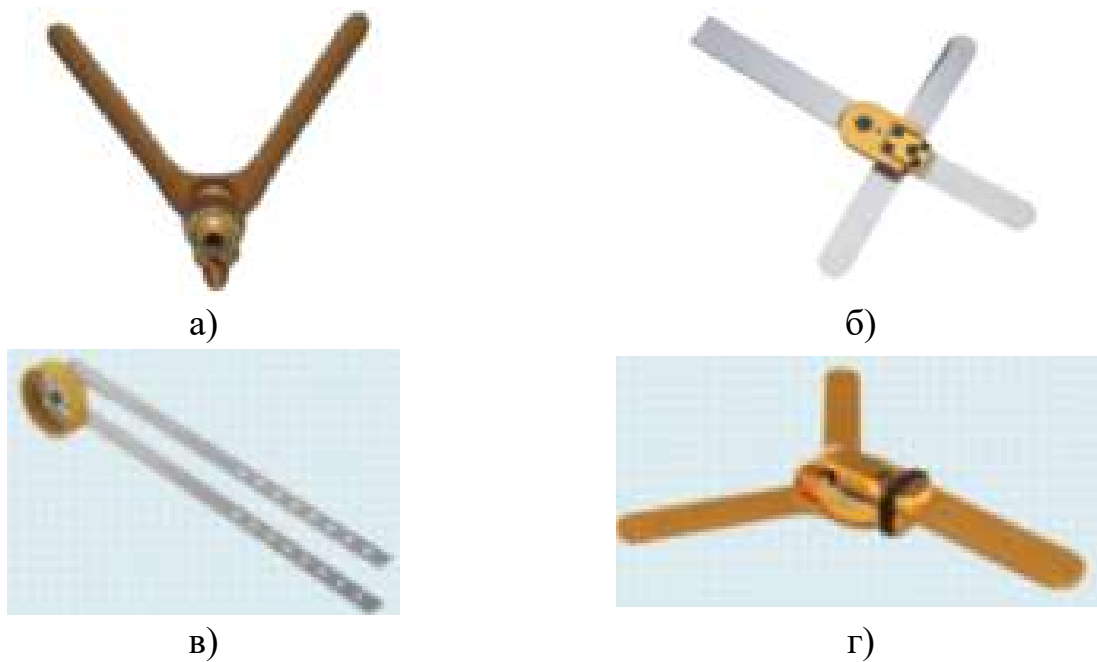


Рисунок 3.10 – Типи плечових вузлів

### 3.2 Основні технологічні підходи до виготовлення протезів верхніх кінцівок

#### 3.2.1 Технологія виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза після вичленення в променезап'ястковому суглобі

Протез, керований рухами тіла, після вичленення в променезап'ястковому суглобі призначається для пацієнтів з ампутаційними та уродженими дефектами на рівні вичленення в променезап'ястковому суглобі з куксою циліндричної або булавоподібної форми для самообслуговування, гігієни, виконання дій, пов'язаних із схопленням (щипковим, трипальцевим, кінцевим) кистю. Довжина кукси має бути в межах від рівня нижньої чверті передпліччя до рівня дезартикуляції в променезап'ястковому суглобі (рис. 3.11).

#### *Виготовлення гіпсової моделі кукси*

Перед виготовленням гіпсової моделі визначити випнуті кісткові структури, а саме: ліктьовий відросток, шилоподібні відростки ліктьової

та променевої кісток або опили кісток передпліччя, медіальний і латеральний надвиростки плечової кістки.

Перевірити амплітуду рухів у ліктьовому суглобі.

Перевірити здатність кукси витримувати навантаження.

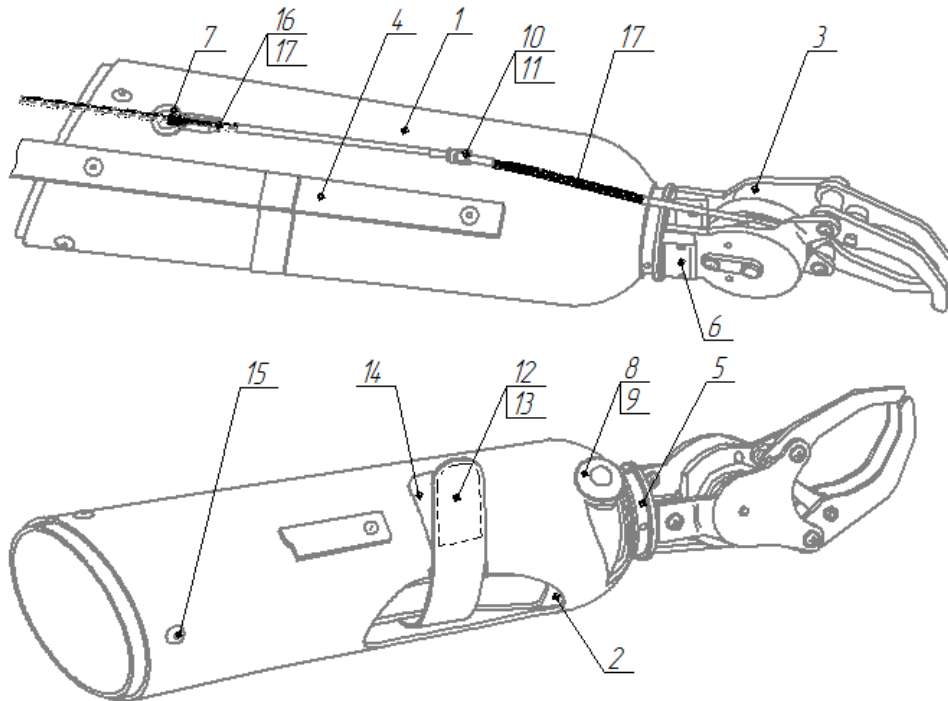


Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд керованого рухами тіла протеза після вичленення в променезап'ястковому суглобі:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть активна (без оболонок); 4 – бандаж;
- 5 – кільце для ламінування; 6 – шасі; 7 – утримувач;
- 8 – кільце клапана; 9 – клапан вакуумний;
- 10 – втулка сферична; 11 – муфта; 12 – циркулярний ремінець;
- 13 – стрічка «Велкро» (гачкова частина);
- 14 – стрічка «Велкро» (петельна частина);
- 15 – гвинти з'єднувальні; 16 – спіральна оболонка; 17 – спіральна гайка

Здійснити знімання мірок із кукси після вичленення в променезап'ястковому суглобі (рис. 3.12). Знімання мірок кукси проводити в положенні згинання  $15^\circ$  (фізіологічно нормальне положення кінцівки в ліктьовому суглобі).

Заміряти за допомогою кравецького сантиметра й занотувати в бланку замовлення параметри кукси:

– довжину кукси  $A$  – відстань від зовнішнього відростка плечової кістки ліктьового суглоба до краю кукси (на рівні променезап'ясткового суглоба);

- периметр  $P_1$ , см – обхват дистальної частини кукси. Від цього рівня поставити позначки на куксі через кожні 3 см;
- периметр  $P_{2-n}$ , см – обхвати кукси на маркованих рівнях.

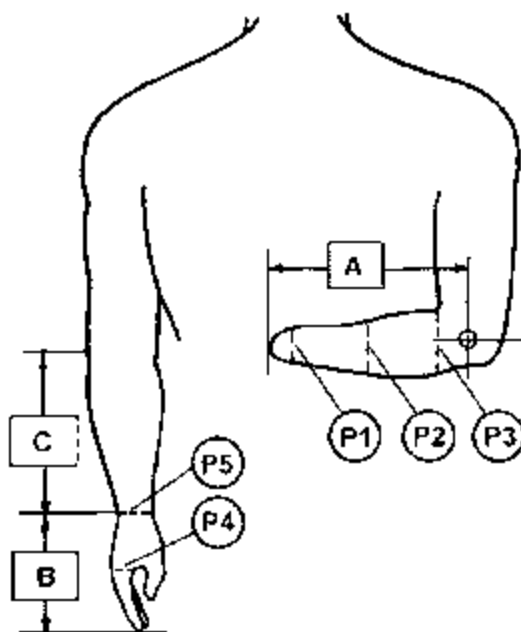


Рисунок 3.12 – Знімання мірок у протезуванні кукси після вичленення в променезап'ястковому суглобі

Заміряти й занотувати в бланку замовлення параметри здорової кінцівки:

- довжину кисті,  $B$ , см – відстань від кінця середнього пальця до рівня променезап'ясткового суглоба;
- довжину передпліччя,  $C$ , см – відстань від ліктьового відростка до рівня променезап'ясткового суглоба;
- периметр,  $P_4$ , см – обхват кисті на рівні п'ястних кісток;
- периметр,  $P_5$ , см – обхват передпліччя на рівні променезап'ясткового суглоба.

Визначити типорозмір штучної кисті протеза відповідно до периметра  $P_4$  на рівні п'ястних кісток збереженої руки.

Надати кінцівці пацієнта середнє між пронацією та супінацією положення та  $90^\circ$  згинання в ліктьовому суглобі. Надіти капроновий чохол на куксу. Закріпити його положення за допомогою відтяжок на плечовому поясі, змочити чохол водою.

Позначити на чохлі:

- медіальний і латеральний надвіростки плечової кістки, ліктьовий відросток;

– лінію ліктьового згину, визначити проксимальний край гільзи та позначити його. Водночас враховувати таке:

– на медіальній поверхні позначити ліктьовий відросток і проксимальний край негатива на 1–1,5 см нижче від нього;

– на латеральній позначити лінію згину ліктьового суглоба й проксимальний край негатива на 1–1,5 см нижче від неї.

Прокласти джгут по долонній поверхні кукси. Замочити гіпсові бинти у воді, накладати бинт без натягнення в 4–5 шарів по спіралі й у формі «вісімки». Першим – еластичний бинт, потім – нееластичний. Натягнення бинтів має бути постійним. Бинти необхідно накладати у такий спосіб, щоб кожний наступний шар накладався на половину попереднього, гіпс у цьому разі потрібно ретельно розгладжувати й втирати. Не можна допускати складок та перетяжок бинта. Пацієнт має тримати куксу повністю розслабленою.

Згинати й розгинати руку в ліктьовому суглобі до положення згинання 90° (пацієнт має напружувати м'язи). Моделювати негатив, стискаючи передпліччя на передній і задній поверхнях. Переконатись, що негатив не обмежив обсяги рухів у ліктьовому суглобі шляхом здійснення пацієнтом активних рухів. Коригувати, за необхідності, проксимальну лінію обрізки. Витримати негатив на куксі в положенні згинання до затвердіння гіпсу.

Розрізати негатив уздовж джгута ножицями або ножом. Вилучити м'які тканини з гіпсового негатива, обережно зняти негатив з кукси. Обрізати ножицями негатив по позначеному проксимальному краю. Приміряти негатив, протягнути куксу за допомогою трикотажного рукава. Контролювати такі параметри:

– обсяг руху згинання, розгинання, ротаційну стабільність;

– навантаження на дистальний відділ кукси;

– заповнення м'якими тканинами внутрішньої порожнини негатива.

Зняти негатив із кукси. Підрізати та підігнути негатив у місцях необхідного коригування. Подовжити негатив на 2–3 см за допомогою лонгети з 3–4 шарів гіпсового бинта. Висушити негатив.

Перевірити маркування (позначки) гіпсового негатива, за необхідності поновити їх. Обробити внутрішню поверхню негатива гіпсоізоляційним кремом або мильним розчином. Підготувати гіпсовий розчин та заповнити ним негатив, установити технологічну трубку, витримати до затвердіння гіпсу.

Розрізати та зняти негатив з моделі. Моделювати поглиблення проксимального краю гіпсової моделі. Перевірити відповідність розмірів кукси

вказаних у бланку замовлення й розмірів моделі, обробити її до вимірних розмірів. Обробляти модель переважно на долонній та дорсальній поверхнях передпліччя, щоб надати їй більш овальну форму. Наростити гіпсовим розчином місця шилоподібних відростків ліктьової та променевої кісток. Нанести незначну кількість гіпсового розчину на латеральну поверхню моделі, навколо проксимального краю (для врахування розподілення м'яких тканин під час рухів). Згладити нерівності на поверхні моделі, шліфувати гіпсову модель.

### ***Виготовлення тестової гільзи***

Розмістити гіпсову модель на тарілці для глибокої витяжки.

Визначити положення з'єднувальної трубки, позначити олівцем, приєднати в цьому місці шаблон з'єднувальної трубки. З'єднувальна трубка, як правило, установлюється близько до дистального краю під  $45^\circ$  до подовжньої осі моделі на долонному боці кінцівки. Змочити ізоляційною рідиною нейлоновий чохол, надіти його на модель для відкачування повітря. Зверху встановити зовнішню частину шаблону для розміщення з'єднувальної трубки.

Розігріти пластину з термопластичного матеріалу в термошафі, доки матеріал не буде звисати на довжину  $2/3$  довжини гіпсової моделі (температура розігріву вказана зазвичай на маркуванні матеріалу).

Рамку для глибокої витяжки з розігрітим матеріалом накласти на гіпсову модель. Увімкнути вакуум, пригладити матеріал до гіпсової моделі. Виконати моделювання особливих місць, а саме: виріз для згину, ліктьовий відросток, шаблон з'єднувальної трубки. Дочекатися повного охолодження матеріалу.

У проксимальній частині розрізати гільзу вздовж краю. Зняти матеріал гільзи з торцевої частини шаблону з'єднувальної трубки, вилучити гіпс.

Позначити маркером межі країв гільзи. Обробити краї гільзи та відполірувати їх. Надіти тестову гільзу на куксу пацієнта за допомогою чохла для протягування тканин, водночас звернути увагу на правильне розміщення кукси. Контролювати посадку та об'єм гільзи, а саме:

- кут максимального згинання;
- кут максимального розгинання;
- відчуття пацієнта в процесі навантаження на торець кукси;
- відчуття пацієнта в процесі навантаження з латерального, медіального боків, на задню та передню поверхні гільзи;
- здатність гільзи створювати опір сковзанню з кукси під час докладання зусиль у дистальному напрямку.

Контролювати під час надівання тестової гільзи розміщення шилоподібних відростків променевої та ліктьової кісток булавоподібної кукси та можливість їх проходження крізь вузьку частину гільзи.

Дати змогу пацієнтові здійснити апробацію тестової гільзи, створюючи рухи куксою протягом не менше ніж години. Контролювати відчуття пацієнта від гільзи. За необхідності здійснити коригування гільзи.

Необхідно повторно приміряти тестову гільзу, щоб переконатись, що недоліки усунені, та знову дати пацієнтові змогу здійснити її апробацію.

### ***Виготовлення внутрішньої (контактної) гільзи***

Заповнити пластиліном отвір для з'єднувальної трубки тестової гільзи. Подовжити проксимальний край гільзи за допомогою гіпсового бинта, складеного в три шари вздовж периметра цього краю, витримати до затвердіння.

Обробити внутрішню порожнину тестової гільзи гіпсоізоляційним кремом або універсальним силіконовим мастилом. Заповнити тестову гільзу гіпсовим розчином. Установити технологічну трубку, витримати до затвердіння гіпсу. Розрізати гільзу вздовж моделі та зняти її. За необхідності коригувати форму гіпсової моделі, пошліфувати та висушити її.

Внутрішня (контактна) гільза може виготовлятися з різних матеріалів, а саме:

- з еластичного термопластичного матеріалу (сополімеру етилену та вінілацетату EVA);
- із шаруватого пластику.

### ***1) Виготовлення внутрішньої (контактної) гільзи з еластичного термопластичного матеріалу***

Закріпити модель у лещатах. Приєднати на визначеному місці шаблон для встановлення з'єднувальної трубки. Виготовити мембрани (еластичні ділянки зменшеної товщини). Виміряти та позначити олівцем:

- найбільший периметр булавоподібної частини кукси  $P$ ;
- периметр кукси в середній частині  $P_{max}$ , що дорівнює  $P+10$  мм;
- відстань  $L$  між маркованими контурами рівнів  $P$  та  $P_{max}$ .

Вирізати заготовку розміром  $P_{max}$  х  $(L+3$ см) з еластичного термопластичного матеріалу завтовшки 1 мм. Нагріти заготовку в термошафі, доки матеріал не стане напівпрозорим і легкогнучким. Накласти на гіпсову модель у ділянці між маркованими рівнями  $P$  і  $P_{max}$ , краї з'єднати на передній або задній поверхні моделі. На відформованій заготовці позначити

дві мембрани завдовжки  $L$  і завширшки  $A=(40-50)$  мм на латеральній та медіальній поверхнях (проксимальніше щодо положення шилоподібних надвиростків) (рис. 3.13). Заготовку розрізати вздовж, вирізати мембрани ножицями, краї обробити на фрезерно-шліфувальному верстаті.

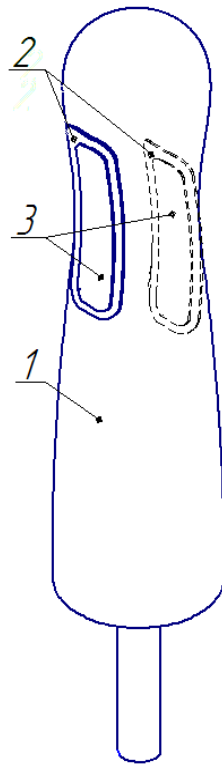


Рисунок 3.13 – Розміщення мембран на моделі:

1 – гіпсова модель; 2 – мембрани; 3 – закладні елементи

Виміряти й вирізати з листа тролену завтовшки 2 мм закладні елементи завдовжки  $L_1 = L - 10$  мм і завширшки  $A = (20-30)$  мм. Мембрани приєднати до моделі двобічною клейкою стрічкою. Закладні елементи накласти на мембрани зверху та зафіксувати їх положення за допомогою цвяшків.

Розмістити гіпсову модель у горизонтально розташованій витяжній трубці, що з'єднана зі стаціонарним вакуумним постом. Зорієнтувати модель дорсальною поверхнею до підлоги. Обробити її тальком.

Виміряти довжину моделі  $B$  (см) та її найбільший периметр  $P_{max}$  (см) для визначення розмірів листа заготовки матеріалу. Необхідно, щоб лист заготовки мав розміри:

- довжина ( $B + 10$  см);
- ширина ( $P_{max} + 2$  см).

Вирізати заготовку. Нагріти термошафу до температури, що відповідає вказаній на маркуванні матеріалу. Лист заготовки розмістити в термошафі на листі тефлону та нагрівати, доки матеріал не стане напівпрозорим

та легкогнучким. Лист матеріалу накласти на гіпсову модель. З'єднати краї вздовж моделі, притиснути їх один до одного. Обрізати припуск матеріалу ножом близько до поверхні гільзи.

Визначити та позначити на контактній гільзі місця з'єднання гільз між собою: на 2–3 см нижче від проксимальної лінії на латеральній поверхні та на 1–1,5 см нижче від ліктювого відростка та симетрично щодо нього на медіальній поверхні. Вирізати чотири шайби з того самого матеріалу із зовнішнім діаметром, що дорівнює діаметру закладної шайби, і з отвором 3 мм. Розігріти електрофеном почергово кожен закладну гайку та виготовлену шайбу. З'єднати їх, притиснути відрізком силіконового лайнера чи стрічки.

Вимкнути вакуумування. Зняти модель із витяжної трубки. Обробити ділянки матеріалу навколо закладних елементів, вилучити матеріал на шві склеювання й на торці імітатора з'єднувальної трубки. Провести маркування контурів розташування мембран. Вирізати гострим ножом по маркованих контурах шар основного матеріалу гільзи до розташування закладних елементів із тролену, вийняти їх. Розрізати гільзу вздовж краю в проксимальній частині. Краї обробити. Виготовити циркулярну застібку.

## **2) Виготовлення внутрішньої (контактної) гільзи з шаруватих пластиків**

Ця гільза оснований на принципі анатомічного кріплення на шилоподібних надвіростках ліктювої та променевої кісток, має отвори для надівання протеза, не має вакуумного утримання протеза (рис. 3.14).

Виміряти та позначити олівцем:

- найбільший периметр булавоподібної частини кукси  $P$ ;
- периметр кукси в середній частині  $P_{max}$ , який дорівнює  $P+10$  мм;
- відстань  $L$  між маркованими контурами рівнів  $P$  та  $P_{max}$ .

Відрізати з педиліну або пластазоту завтовшки 4–6 мм закладні елементи  $3E1$  і  $3E2$  завдовжки  $L$  і завширшки 20–40 мм. Краї обробити на фрезерно-шліфувальному верстаті. Розмістити закладні елементи  $3E1$  та  $3E2$  на латеральному й медіальному боках моделі між контурами  $P$  і  $P_{max}$ , приклеїти їх до моделі двобічною клейкою стрічкою (рис 3.15).

Підготувати закладні елементи  $3E3$ ,  $3E4$ ,  $3E5$ :

– виміряти й вирізати з листа тролену закладні елементи  $3E3$  та  $3E4$  завдовжки  $L$  і завширшки  $b = 20–30$  мм;

– виміряти й вирізати з листа тролену закладний елемент  $3E5$  розміром 30х30 мм.

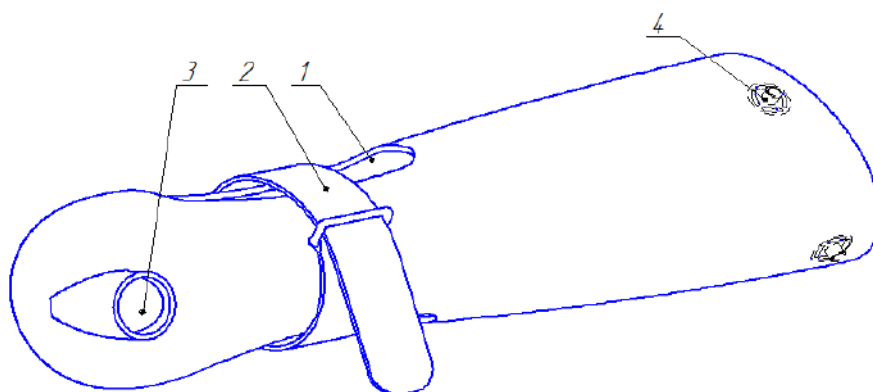


Рисунок 3.14 – Зовнішній вигляд внутрішньої (контактної) гільзи з еластичного термопластичного матеріалу:  
 1 – мембрани; 2 – застібка циркулярна з рамкою;  
 3 – отвір для з'єднувальної трубки; 4 – закладні гайки

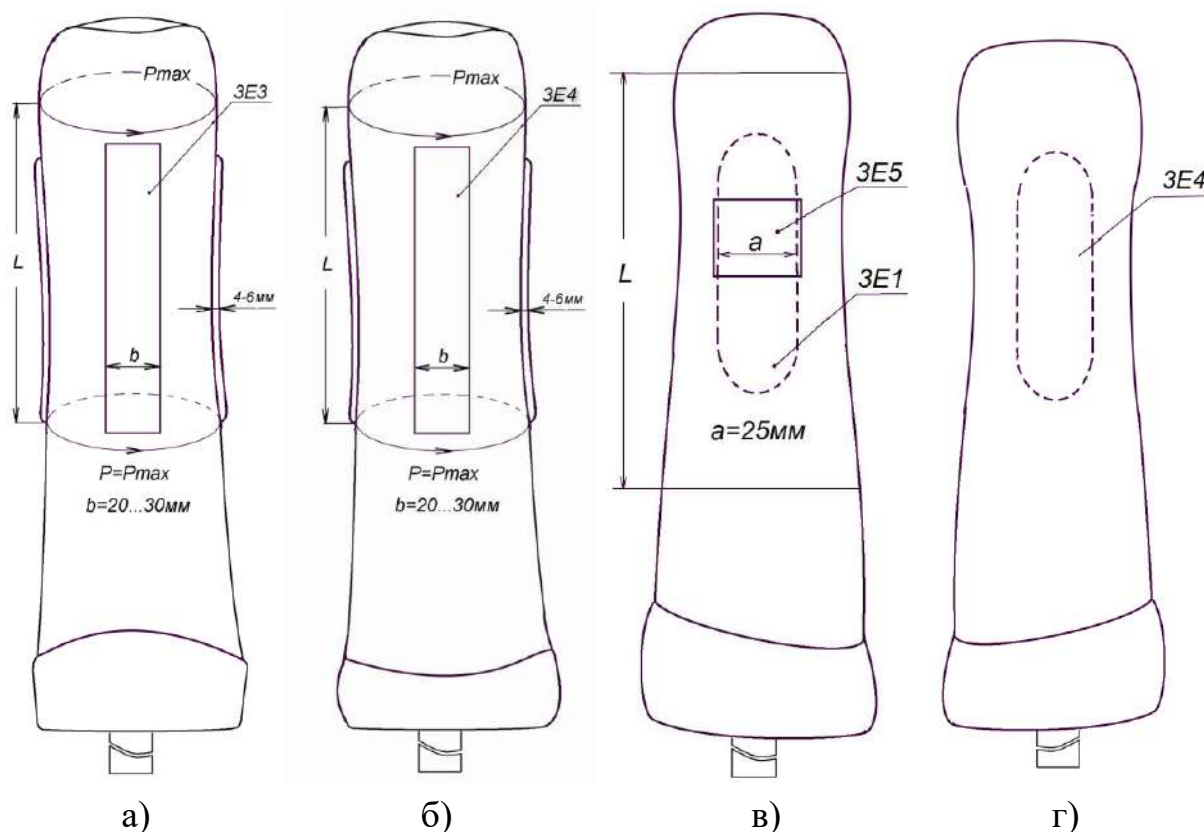


Рисунок 3.15 – Місця розташування закладних елементів:  
 а – дорсальна поверхня моделі; б – вентральна поверхня моделі;  
 в – латеральна поверхня моделі; г – медіальна поверхня моделі

Виготовити внутрішній і зовнішній ізоляційні чохла з ПВС-плівки. Закріпити двоканальну вакуумну трубку стаціонарного вакуумного насосу СВП-1 в універсальному затискному пристрої. У вакуумну трубку вставити технологічну трубку гіпсової моделі. Обробити поверхню моделі тальком.

Зволожити внутрішній ізоляційний чохол, обробити тальком його внутрішню поверхню й без складок і зморшок натягти на модель, щільно приєднати до поверхні вакуумної трубки під верхнім витяжним отвором. Увімкнути вакуум, перевірити на герметичність.

Визначити кількість і розміри армувальних чохлам відповідно до матеріалу (насамперед його щільності), розмірів гіпсової моделі, необхідної товщини й міцності гільзи. Перший шар виготовити з фільтр дакрону, усі наступні – з рукава трикотажного. Рекомендована кількість шарів рукава перлонового становить 6 шт. Виготовити армувальний чохол з фільтр дакрону. Надіти армувальні чохла на гіпсову модель:

- перший шар з фільтр дакрону (по формі моделі);
- другий шар – половина вимірної довжини чохла з рукава трикотажного;
- третій шар – друга половина рукава, кріпити шари армування до технологічної трубки під моделлю відходами еластичного рукава.

Нарізати в отворах закладних зубчастих шайб різьбу *M4*. Розташувати на другому шарі армування:

- закладні шайби зубчасті (дві – на латеральній поверхні моделі, дві – на медіальній, симетрично щодо середньої лінії);
- відрізки 20x20 мм скловолокна або вуглетканини за допомогою двобічної клейкої стрічки на місцях розташування закладних шайб;
- смужку скловолокна на задній поверхні моделі за формою вирізу проксимального краю;
- закладні елементи *3E3*, *3E4*, *3E5* між другим і третім шарами рукава, третій шар рукава кріпити під моделлю.

Обтягнути модель трикотажними рукавами, що залишились, кріпити їх до технологічної трубки відходами трикотажного рукава. Зволожити зовнішній ізоляційний чохол. Натягнути на модель, перевірити герметичність. Приготувати в'язку речовину. Залити її крізь лійку в горловину зовнішнього чохла, верхню частину чохла перев'язати відходами трикотажного рукава. Відкрити клапан нижнього витяжного отвору вакуумного насосу. Розподілити в'язку речовину вздовж поверхні моделі, після досягнення технологічного припуску залишки речовини перемістити до горловини чохла, відсікти його зайву кількість, перев'язати мотузкою біля дистального краю. Вимкнути вакуумну установку після затвердіння в'язкої речовини. Зняти заготовку гільзи з вакуумної трубки, зняти зовнішній чохол із ПВС-плівки.

Виконати маркування контурів розташування закладних елементів клапанів *3E3*, *3E4* (рис. 3.16, I етап). Розрізати гострим ножом по маркованих

контурах до шару розташування тролової пластини. Вийняти закладні елементи *3E3*, *3E4*. Прорізати гільзу наскрізь уздовж контура закладних елементів *3E3*, *3E4* (рис. 3.16, II етап). Перевірити можливість відкривання клапанів. Прорізати отвір уздовж контура розташування закладного елемента *3E5* з одного боку до шару розташування тролової пластини, вийняти закладний елемент *3E5* (рис. 3.16, III етап).

Обрізати гільзу вздовж проксимального контура. Зняти гільзу з гіпсової моделі. Обробити край гільзи на фрезерно-шліфувальному верстаті, зняти ізоляційний чохол. Зняти закладні елементи *3E1* та *3E2* з гіпсової моделі та вклеїти їх у відповідні порожнини внутрішньої поверхні гільзи контактним клеєм. Надіти гільзу на гіпсову модель. Клапани, що відкриваються, закрити й закріпити поліетиленовою клейкою стрічкою. Виготовити циркулярну застібку.

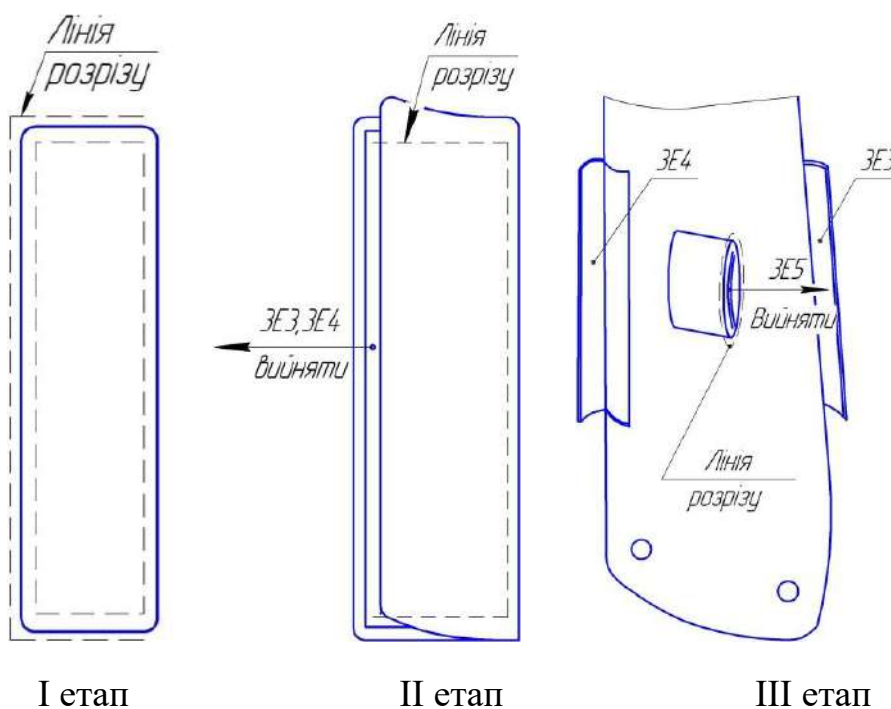


Рисунок 3.16 – Етапи вилучення закладних елементів

### ***Примірювання контактної (внутрішньої) гільзи***

Надіти контактну (внутрішню) гільзу з термопластичного матеріалу за допомогою чохла для протягування. Зафіксувати положення гільзи на куксі застібкою. Переконайтеся, що

- м'які тканини кукси розташовуються в порожнині без надмірного стискання;
- відсутній тиск на шилоподібні відростки, кісткові опили й болісні місця;

– верхній контур контактної гільзи не перешкоджає згинанню в ліктьовому суглобі;

– гільза надійно утримується на куксі пацієнта.

Зняти гільзу з кукси пацієнта.

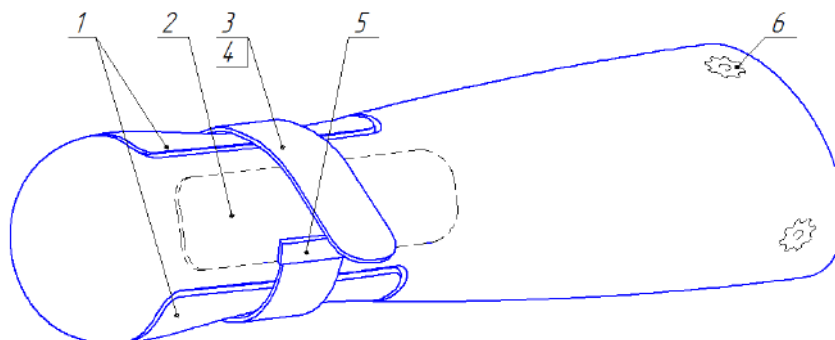


Рисунок 3.17 – Зовнішній вигляд внутрішньої (контактної) гільзи з шаруватих пластиків:

- 1 – клапани, що відкриваються назовні;
- 2 – пом'якшувальні елементи всередині гільзи;
- 3 – ремінець зі стрічки ремінної;
- 4 – застібка текстильна «Велкро» на ремінці;
- 5 – порожнина в гільзі з вклеєним ремінцем; 6 – закладні шайби

### ***Виготовлення формуютьовувальної моделі зовнішньої гільзи***

Закріпити модель у лещатах, надіти на неї контактну (внутрішню) гільзу. Обгорнути кількома шарами поверхню внутрішньої гільзи ПВХ-плівкою, створюючи ізоляційний шар. Відрізати неопренову стрічку завдовжки відповідно до периметра проксимального краю гільзи. Наклеїти цей відрізок на поверхню ізоляційного чохла на рівні закладних елементів контактної гільзи (рис 3.18, а). Стиснути торцеві кінці стрічки.

Обгорнути контактну гільзу пластиною тролену завтовшки 1–2 мм, формуючи зрізаний конус (рис 3.18, б). Знизу тролен або листовий поліетилен щільно приєднати до неопренової стрічки та скріпити поліетиленовою клейкою стрічкою конус посередині та вздовж країв. Приготувати в мірнику суміш із педилену та затверджувача для жорстких пінопластів і залити в горловину сформованого конуса (рис. 3.18, в). Після затвердіння отриманої моделі зняти пластину тролену (поліетилену).

Обрізати формуютьовувальну модель до рівня дистальної частини контактної (внутрішньої) гільзи.

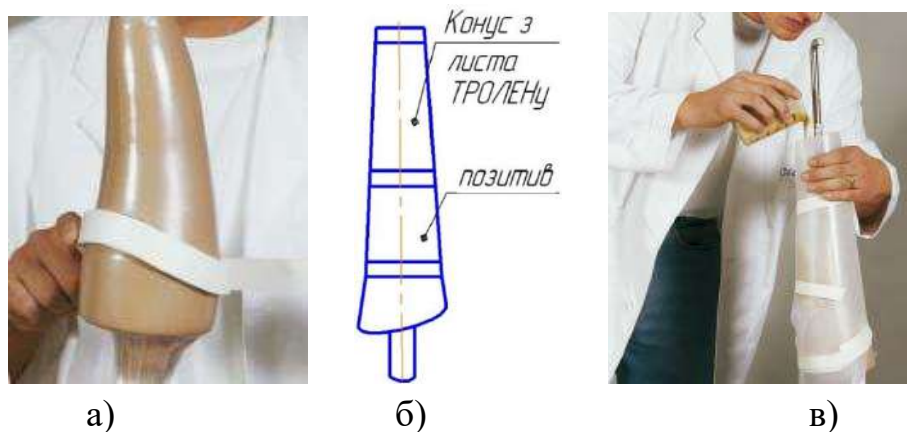


Рисунок 3.18 – Виготовлення формуючої моделі зовнішньої гільзи

Визначити форму дистального краю залежно від комплектувальних виробів, що будуть встановлені в протез. Зазвичай для забезпечення найбільш близького до анатомічної норми положення кисті й для досягнення ефективної функціональної схеми, кисть зорієнтувати щодо гільзи передпліччя таким чином:

- у сагітальній площині надати  $3^{\circ}$ – $5^{\circ}$  радіальної девіації;
- у фронтальній – до  $5^{\circ}$  флексії.

Положення кисті контролювати за допомогою лазерного рівня та гоніометра.

Торцеву поверхню форми доцільно формувати за допомогою стрічково-шліфувального верстата. Установити на дистальну торцеву поверхню формуючої моделі вузол або частину вузла, що підлягає ламінуванню (згідно з рекомендацією виробника), визначити його положення, виконати маркування максимального діаметра на торцевій поверхні. Звести формуючу модель нанівець до маркованого контура, зважаючи на схему побудови протеза.

### ***Виготовлення зовнішньої (несної) гільзи***

Обробити формуючу модель тальком. Виготовити внутрішній і зовнішній ізоляційні чохла з ПВС-плівки. Закріпити двоканальну вакуумну трубку стаціонарного вакуумного насосу СВП-1 в універсальному затискному пристрої. У вакуумну трубку вставити технологічну трубку гіпсової моделі. Зволожити внутрішній ізоляційний чохол, обробити тальком його внутрішню поверхню та без складок і зморшок натягти на складень, щільно приєднавши до поверхні вакуумної трубки під верхнім витяжним отвором. Увімкнути вакуум, перевірити на герметичність.

Установити кільце, що підлягає ламінуванню, на складень поверх внутрішнього ізоляційного чохла. Нарізати два армувальних чохла

з перлонового рукава. Установити у вигляді рамкової конструкції шар вуглетканини (склотканини) за допомогою двобічної клейкої стрічки:

- уздовж периметра проксимального та дистального країв;
- на медіальній і латеральній поверхнях у вигляді з'єднувальних стрічок.

Надіти другий шар перлонового рукава, закріпити під моделлю. Установити другий шар вуглетканини на медіальній і латеральній поверхнях. Надіти ще два шари перлонового рукава, закріпити їх під моделлю. Надіти зволожений зовнішній ізоляційний чохол, герметично приєднати його стрічкою до вакуумної трубки під нижнім витяжним отвором і перевірити чохол на герметичність. Приготувати в'язкий розчин з ортокрилової смоли. Залити її крізь лійку в горловину зовнішнього чохла, горловину перев'язати. Відкрити клапан нижнього витяжного отвору вакуумного насоса. Повернути донизу дистальною частиною вакуумну трубку зі складнем для вилучення повітря, що залишилось у в'язкому розчині. Витримати в такому положенні 2–3 хв. Повернути складень у початкове положення. Розподілити в'язкий розчин уздовж поверхні складня. Після досягнення нею нижнього краю гільзи залишки перерозподілити з проксимального краю до горловини чохла, відсікти їх, перев'язавши мотузку біля дистального краю. Витримати гільзу під вакуумом. Вимкнути вакуумний насос, зняти зовнішній чохол із гільзи.

Зняти гільзу з вакуумної трубки. Вилучити пластик із торцевої поверхні дистального краю гільзи. Закріпити технологічну трубку гільзи в лещатах. Позначити контур проксимального краю зовнішньої гільзи – на 1 см дистальніше від краю внутрішньої гільзи. Надрізати гільзу ножом або електропилою для гіпсу вздовж маркованої лінії, не торкаючись поверхні контактної гільзи. Прогріти заглиблення електрофеном і обережно прорізати ножом. Прибрати гіпс із порожнини внутрішньої гільзи, вийняти внутрішню гільзу. Вилучити формуювальну модель з порожнини зовнішньої гільзи. Обробити торцеві поверхні зовнішньої гільзи на фрезерно-шліфувальному верстаті. Позначити отвір на гільзі для виходу назовні фіксувальної стрічки для кріплення протеза на куксі (для забезпечення або анатомічного утримання, або вакуумного утримання). Розміри та місце розташування отвору визначити відповідно до конструкції.

### ***Попереднє складання протеза***

#### ***1) Попереднє складання протеза з контактною гільзою з термопластичних матеріалів***

Пропалити отвори під гвинти кріплення на зовнішній гільзі. Розсвердлити отвори на зовнішній гільзі до Ø 4,2 мм. Вставити контактну гільзу в зовнішню.

З'єднати гвинтами гільзи. Позначити та вирізати електропилою на передній поверхні зовнішньої гільзи отвір прямокутної форми розміром 30x5 мм для виходу ремінця циркулярної застібки. Обробити краї отвору. Вивести назовні й натягнути ремінець із «гачковою» частиною застібки, позначити на поверхні зовнішньої гільзи місце розташування відповідної «петельної» частини застібки, виконати маркування контура. Поверхню гільзи у середині маркованого контура зачистити шліфувальною шкуркою; на зачищену частину поверхні гільзи приклеїти «петельну» частину текстильної застібки.

Установити у відповідний отвір на контактній (внутрішній) гільзі з'єднувальну трубку. Вставити пристрій для магнітного центрування в з'єднувальну трубку. Протилежний полюс пристрою розмістити на зовнішній гільзі. У цьому разі використати автоматичне визначення положення центра отвору способом дії магніту й виконати відповідне маркування олівцем.

Роз'єднати зовнішню та контактну гільзи. На позначці попередньо свердлити отвір Ø 8 мм. Розсвердлити отвір до Ø 24 мм. Визначити необхідну довжину з'єднувальної трубки, виконати маркування її по периметру на рівні її виходу. Зашліфувати з'єднувальну трубку нанівець з поверхнею зовнішньої гільзи. Приготувати в'язку суміш з ортокрилової термосмоли. Зафіксувати з'єднувальну трубку у внутрішній гільзі в'язкою речовиною. Витримати до затвердіння. Установити вакуумний клапан. Приєднати кисть, закріпити її гвинтами.

## ***2) Попереднє складання протеза з контактною гільзою із шаруватих пластиків***

Просвердлити Ø 3,2 мм отвори в закладних елементах внутрішньої гільзи, поновити різьбу мітчиком *M4*. Надіти зовнішню гільзу на внутрішню і з боку внутрішньої порожнини контактної гільзи крізь отвори закладних шайб пропалити отвори під гвинти кріплення на зовнішній гільзі. Витягти контактну гільзу, розсвердлити отвори на зовнішній гільзі до Ø 4,2 мм. Вставити контактну гільзу в зовнішню. З'єднати гвинтами гільзи за допомогою викрутки.

Виготовити елементи кріплення протеза. Для цього виміряти й відрізати зі стрічки ремінної заготовки завдовжки 40 см. Краї оплавити електропаяльником. Приготувати суміш з ортокрилової смоли кількістю 25–30 г, порошку-затверджувача й густотертої фарби. Заповнити порожнину від закладного елемента *3E5* внутрішньої гільзи приготованою сумішшю, вставити в порожнину край заготовки ремінної стрічки. Витримати до затвердіння. Позначити та вирізати електропилою на латеральній поверхні гільзи, навпроти порожнини від закладного елемента *3E5*, отвір прямокутної форми розміром 30x5 мм. Зачистити надфілем краї отвору.

Обернути приєднаною до внутрішньої гільзи заготовкою ремінної стрічки поверхню гільзи з клапанами, пропустити край крізь отвір на зовнішній гільзі. Скласти гільзи між собою. Виміряти та відрізати необхідну довжину ремінної стрічки над поверхнею гільзи, приблизно 10–15 см. Роз'єднати гільзи, виміряти й відрізати текстильну застібку «Велкро» завдовжки відповідно до довжини вільного краю ремінної стрічки. Пришити за допомогою швейної машини «гачкову» частину текстильної застібки до вільного краю ремінної стрічки. Натягнути ремінець із «гачковою» частиною застібки до закривання клапанів внутрішньої гільзи, розташувати цей край на поверхні зовнішньої гільзи й позначити місце розміщення відповідної «петельної» частини застібки. Виконати маркування контура. Поверхню гільзи в середині маркованого контура зачистити шліфувальною шкуркою. На зачищену частину поверхні гільзи приклеїти «петельну» частину текстильної застібки. З'єднати гільзи. Приєднати кисть, закріпити її гвинтами.

### ***Виготовлення бандажа для протеза***

Доцільно виготовляти бандаж у вигляді «вісімки» (рис. 3.19), що забезпечує:

- стабільне та надійне утримання протеза на куксі;
- ротаційну стабільність;
- керування штучною кистю;
- здатність утримувати протез у разі значних силових навантажень у процесі виготовлення протеза з гільзою, що не має анатомічного утримання на надвиростках плечової кістки.

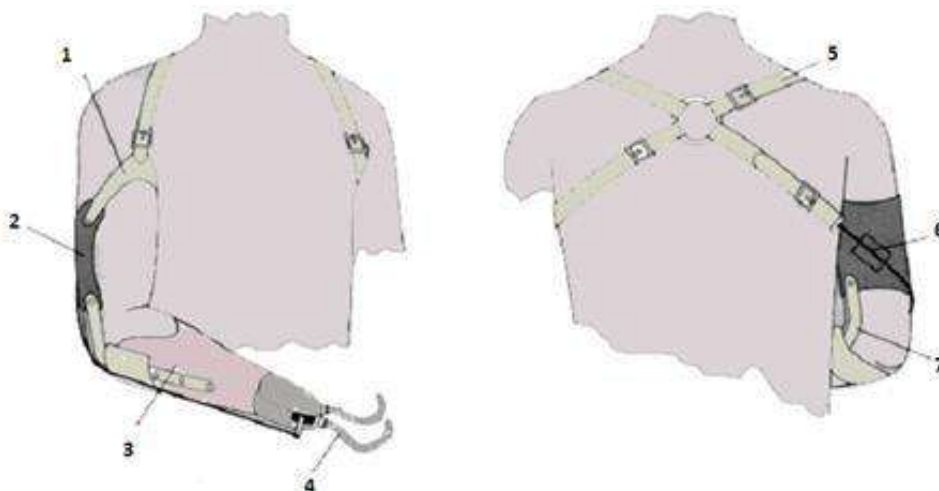


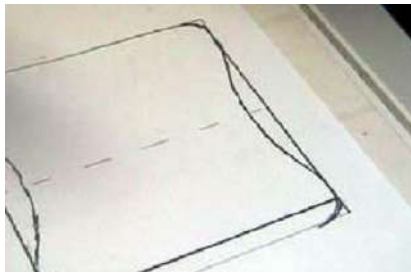
Рисунок 3.19 – Бандаж «вісімка»:

- 1 – Y-подібний перевернутий ремінь;
- 2 – манжета на трицепс (тригольний м'яз плеча); 3 – гільза передпліччя;
- 4 – кінцевий пристрій; 5 – передній опорний ремінець;
- 6 – кабель контролю кінцевого пристрою; 7 – ліктьові підвіски

Виготовити манжету на трицепс (*triceps*). Виготовити шаблон із паперу (рис. 3.20, *a*). За основу обрати виміряні периметри плеча  $P_3$ ,  $P_4$  із бланка замовлення. Ділити значення  $P_3$ ,  $P_4$  на 2. Здобутий результат – це довжини проксимального й дистального країв шаблону. На аркуші папера провести осьову лінію, щодо якої відкласти ці розміри відповідно до осі вздовж паралельних ліній симетрії, що розміщені на відстані  $E$  (зазвичай висота манжети становить 10–12 см для дорослих людей). Отримуємо симетричну трапецію, кути якої необхідно округлити. Вирізати шаблон. Перенести контури шаблону на основний матеріал манжети на трицепс – термопластичний матеріал, наприклад, поліетилен завтовшки 2–3 мм та пом'якшувальний матеріал – пластазот завтовшки 4 мм (рис. 3.20, *б*). Вирізати заготовки манжети з обох матеріалів.

Обробити краї обох заготовок манжети. Прогріти електрофеном і підігнути заготовку манжети з поліетилену вздовж подовжньої лінії для формування напівкруглого профілю. Просвердлими отвори діаметром 5,5 мм на відстані 1–1,5 см від країв трапеції та по центру. Приєднати до центрального отвору заготовки манжети з поліетилену утримувач спіральної оболонки для спрямування тяги керування в ділянку трицепса (рис. 3.20, *в*) з допомогою гвинта й установчої гайки  $M4$ . Виготовити ремінці завширшки 10–15 мм і завдовжки по 0,5 м на передпліччя та ремінець для їх з'єднання. Ці ремінці призначені для з'єднання манжети на трицепс та гільзи передпліччя. Ремінці розмістити вздовж гільзи: один на долонній поверхні, а другий – на дорсальній поверхні передпліччя. До цих ремінців впоперек приєднати третій близько до проксимального краю гільзи та розташувати його на ліктьовій поверхні гільзи (рис. 3.20, *г*) за допомогою швейної машини. Прикріпити ремінці ліктьових підвісок за допомогою гвинтів  $M4$  та установчих гайок  $M4$  до гільзи передпліччя (рис. 3.20, *г*) та залишити вільними краї, що мають бути прикріплені до манжети на триголовий м'яз плеча під час примірювання.

Підготувати заготовку частини бандажа, що буде розташована на плечовому поясі. Виміряти та відрізати ремінець для пахвової петлі завширшки 25 мм та завдовжки 1,2 м. Один край ремінця обгорнути навколо центрального кільця, що є стартовою точкою для припасування бандажа, і закріпити за допомогою швейної машини. Надіти на ремінець захисний чохол (на ділянку пахви). На другий край надіти пряжку для регулювання довжини ремінця, обгорнути його навколо кільця та знову просунути крізь отвори пряжки.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.20 – Технологія виготовлення бандажа «вісімка»

Виміряти та виготовити Y-подібний ремінець для утримання манжетки на трицепс. Центральний ремінець виготовити зі стрічки завширшки 25 мм та завдовжки 0,5 м, бокові – завширшки 10–15 мм та завдовжки 0,4 м. На центральний ремінець надіти пряжку для регулювання довжини ремінця, обгорнути його навколо кільця та просунути крізь отвори пряжки.

Виміряти й виготовити ремінець для кабелю контролю штучної кисті. Один край ремінця завширшки 25 мм та завдовжки 1 м обгорнути навколо центрального кільця та закріпити за допомогою швейної машини. На другий край ремінця надіти пряжку для регулювання довжини, просунути в отвір з'єднувача з кабелем і знову просунути крізь отвори пряжки. Відміряти й відрізати 0,5 м перлонового кабелю, нагвинтити на один його край муфту та просунути його вільний край крізь отвір з'єднувача з кабелем. Просунути перлоновий кабель у спіральну оболонку, зафіксувати краї в утримувачі на манжетці на трицепс за допомогою спірального фіксатора.

Установити другий утримувач пружної оболонки для спрямування кабелю контролю штучної кисті на зовнішній гільзі передпліччя. Визначити та позначити місце розташування: на уявній лінії стикування променевої та дорсальної площин гільзи, на 4,5 см дистальніше щодо проксимального її краю. Просвердлити на позначці отвір діаметром 5,5 мм. Установити утримувач за допомогою гвинта й установчої гайки. Відміряти й відрізати перлоновий кабель штучної кисті на довжину приблизно 10 см (від його виходу

з формоутворювальної оболонки). Установити на нього спіральну оболонку, довжина якої дорівнює довжині перлонового кабелю, мінус 1 см. Нагвинтити на край спіральної оболонки спіральний фіксатор. Закріпити його в утримувачі на гільзі передпліччя.

### ***Примірювання та остаточне складання протеза***

Надіти протез на куксу пацієнта. Перевірити можливість фіксації за допомогою застібки протеза та надійність утримування його на куксі за умови опущеної донизу кінцівки. Переконайтесь, що:

- м'які тканини кукси розташовуються в порожнині без надмірного стискання;
- відсутній тиск на шилоподібні надвиростки суглоба, кісткові опили й болісні місця;
- верхній контур внутрішньої гільзи не перешкоджає згинанню ліктьового суглоба;
- гільза надійно утримується на куксі пацієнта.

Перевірити, що положення кисті відповідає фізіологічному положенню здорової кінцівки. Визначити розташування всіх елементів бандажа. Розташувати пахвову петлю (а) (рис. 3.21, а) під пахвою, протилежною щодо ураженого боку.

Кільце розмістити між лопатками на лінії хребта та на рівні нижньої третини висоти лопатки (рис. 3.21, б). Коригувати довжину ремінця пахвової петлі (а) (рис. 3.21, а).

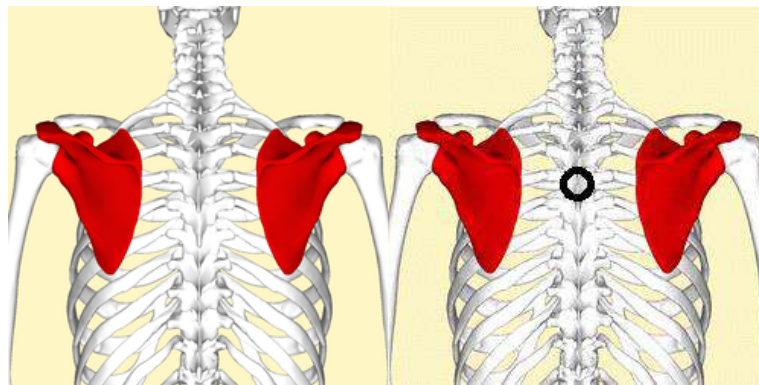
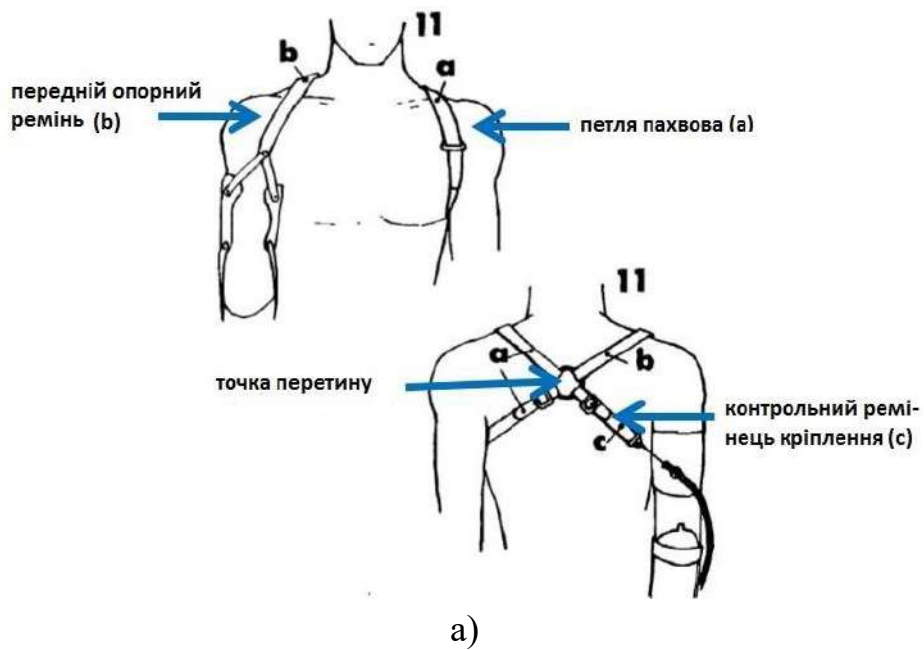
Передній опорний ремінець (б) з Y-подібним з'єднанням для утримання манжетки на триголовий м'яз плеча розташувати на передній площині тіла вздовж дельтопекторальної канавки (борозни) (*deltopectoral groove*), (рис. 3.21, в), регулювати довжину ремінця до Y-подібного з'єднання за допомогою рамки.

Позиціонувати манжету на триголовому м'язі плеча вище щодо надвиростків плечової кістки на 2–3 см.

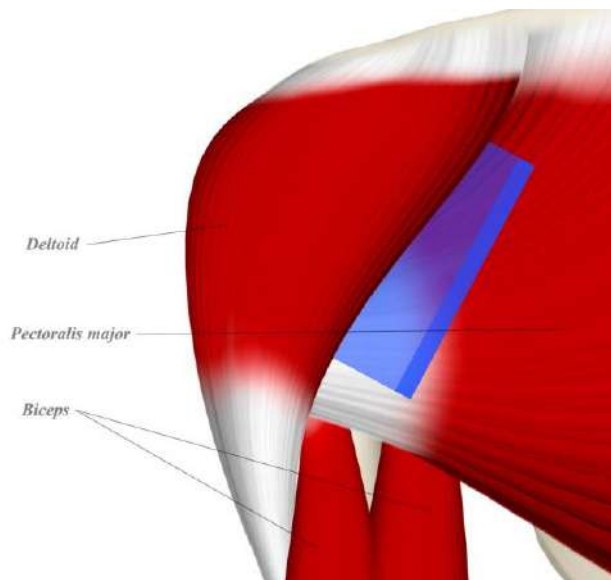
Визначити й позначити довжину ремінців Y-подібного з'єднання до проксимальних країв манжети, відрізати їх на необхідну довжину, тимчасово приєднати до манжети за допомогою гвинтів і гайок.

Визначити необхідну довжину вільних країв латерального й медіального ремінців гільзи передпліччя до з'єднання з дистальними краями манжети на триголовий м'яз плеча, приєднати їх за допомогою гвинтів *M4* та установчих гайок *M4*.

Регулювати довжину контрольного ремінця кріплення (с) (рис. 3.21, а) за допомогою пряжки. З'єднувач із кабелем має бути на лінії латерального краю тулуба.



б) кільце (точка перетину) на лінії хребта між лопатками



в) передній опорний ремінець уздовж дельтопекторальної канавки (борозни) (*deltopectoral groove*) та положення У-подібного з'єднання

Рисунок 3.21 – Розташування елементів бандажа на плечовому поясі

Визначити довжину кабелю та необхідну довжину спіральної оболонки, встановити на край кабелю з'єднувач відповідно до рис. 3.22.

Визначити довжину кабелю захватного пристрою, установити на його краї сферичний з'єднувач згідно з рис. 3.22. З'єднати кінцевий пристрій з бандажем тягою.

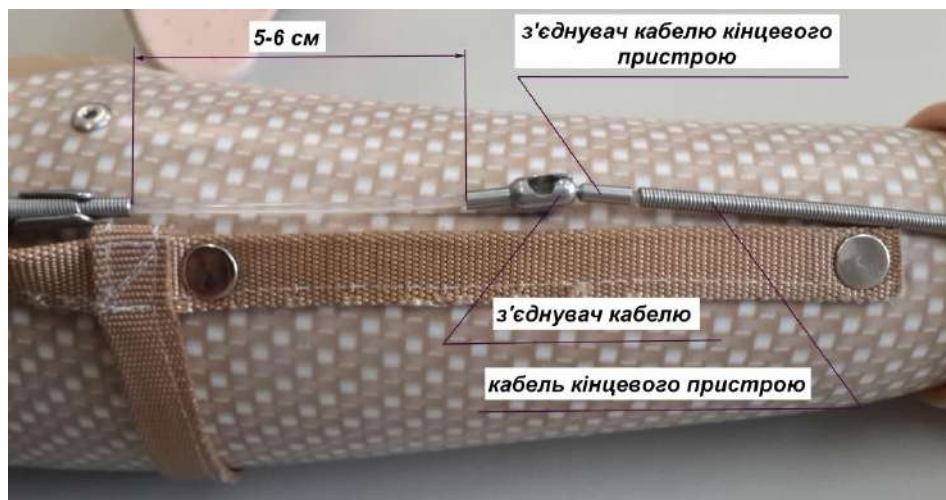


Рисунок 3.22 – Положення елементів тяги керування захватними пристроями

Апробувати роботи протеза. За необхідності коригувати довжини ремінців бандажа й тяг керування за результатами примірювання. Закріпити гвинт утримувача клеєм *Loctit*.

Надіти косметичну оболонку на формуютьовальну оболонку кисті таким чином:

- визначити довжину косметичної оболонки кисті, обрізати її за визначеними розмірами;
- розігріти косметичну оболонку кисті в термошафі;
- обробити внутрішню поверхню оболонки спреєм;
- надіти косметичну оболонку на кисть протеза поступово, відкриваючи механізм і направляючи пальці.

### **Особливості технології виготовлення пасивного (косметичного) протеза після вичленення в променезап'ястковому суглобі**

Виготовлення пасивного протеза після вичленення в променезап'ястковому суглобі здійснюється відповідно до технологічних операцій виготовлення функціонального протеза після вичленення в променезап'ястковому, за винятком:

- у виготовленні зовнішньої гільзи використовується відповідний вузол для приєднання косметичних штучних кистей (гачка);
- у конструкції протеза застосовується або кисть пасивна, або гачок.

### 3.2.2 Технологія виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза передпліччя

Функціональний (керований рухами тіла) протез передпліччя призначається для пацієнтів з ампутаційними або вродженими аномаліями розвитку за типом кукси передпліччя (між ліктьовим і променезап'ястковим суглобами) для самообслуговування, гігієни, виконання дій, пов'язаних із схопленням (щипковим кінцевим трипальцевим) кистю. Довжина кукси має бути в межах від рівня нижньої третини передпліччя до рівня верхньої чверті передпліччя:

- нижньої чверті / третини передпліччя (довга);
- середньої третини передпліччя (середньої довжини);
- верхньої третини / чверті передпліччя (коротка / надкоротка).

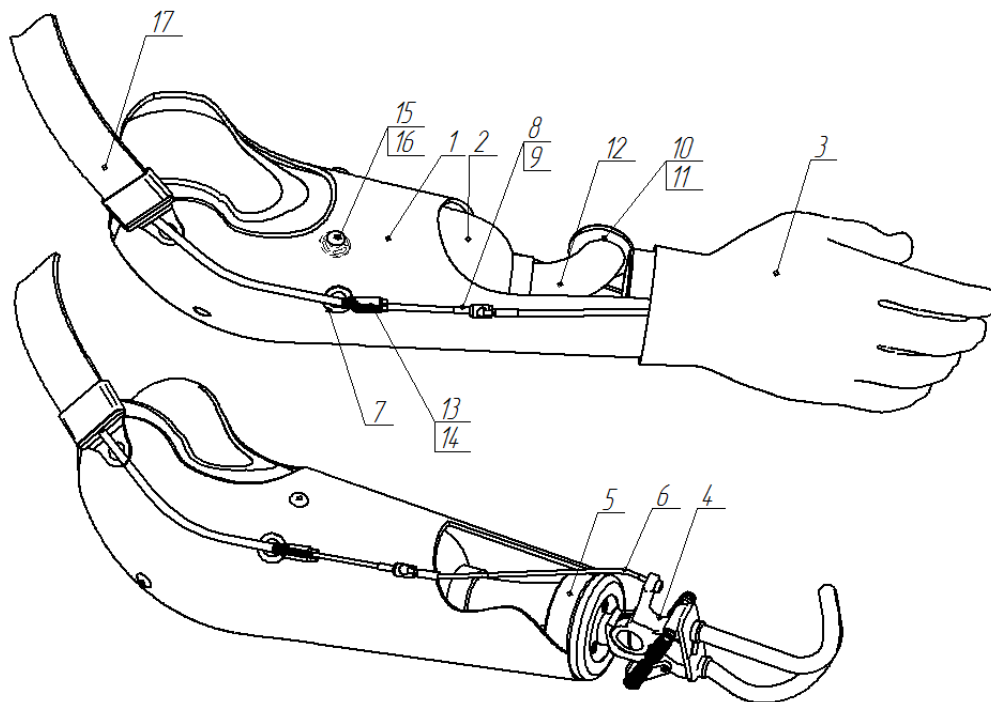


Рисунок 3.23 – Зовнішній вигляд протеза передпліччя функціонального:

- 1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть активна; 4 – гачок активний;
- 5 – вузол променезап'ястковий; 6 – тяга гачка;
- 7 – утримувач; 8 – втулка сферична; 9 – муфта;
- 10 – кільце клапана; 11 – клапан вакуумний;
- 12 – трубка з'єднувальна; 13 – спіральна оболонка;
- 14 – спіральна гайка; 15 – гвинти з'єднувальні;
- 16 – гайки закладні; 17 – бандаж

## **Виготовлення гіпсової моделі кукси**

### **Знімання мірок**

Знімання мірок проводити в положенні кукси, що розташована в положенні згинання  $15^\circ$  (фізіологічно нормальне положення кінцівки в ліктьовому суглобі).

Заміряти й додати в бланк замовлення параметри збереженої кінцівки (рис. 3.24):

- відстань від ліктьового відростка до кінця першого пальця  $A$ , см;
- периметр  $P$  – обхват кисті на рівні п'ястних кісток.

Визначити типорозмір штучної кисті протеза відповідно до периметра на рівні п'ястних кісток збереженої кисті.

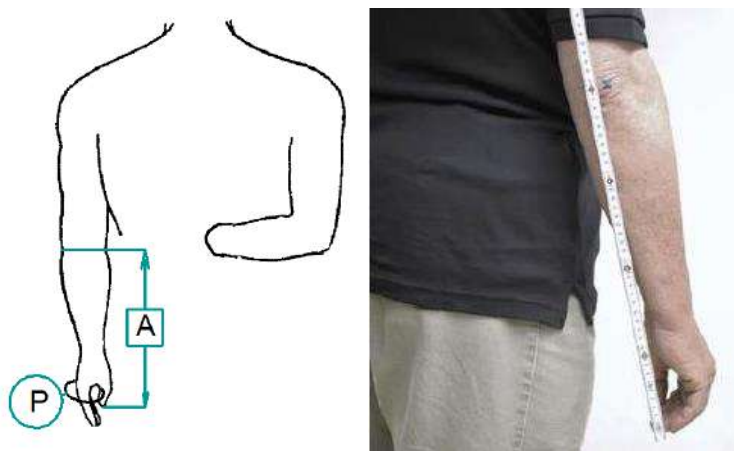


Рисунок 3.24 – Знімання мірок збереженої кінцівки

Виміряти й додати в бланк розміри кукси (рис. 3.25, 3.26):

- довжину кукси  $B$ , см – відстань від зовнішнього відростка плечової кістки до краю кукси;
- периметр  $P1$ , см – обхват дистальної її частини. Від цього рівня поставити позначки на куксі через кожні 3 см;
- периметр  $P2-n$ , см – обхвати кукси на маркованих рівнях;
- лінійні медіально-латеральні розміри в ділянці ліктьового суглоба,  $B$ ,  $\Gamma$ , см.

Визначити тип гільзи, що буде використана для протезування пацієнта.

У разі короткої кукси передпліччя застосовується конструкція «Мюнстерська гільза». За умови середньої та довгої кукси передпліччя – «Нортуестернська гільза».

Оглянути куксу.

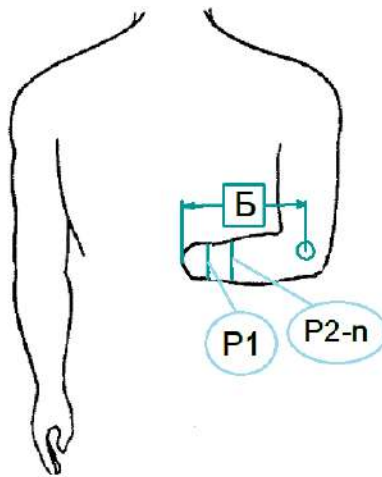


Рисунок 3.25 – Знімання мірок з кукси передпліччя



*В* – проксимальніше щодо надвиростків; *Г* – на надвиростках

Рисунок 3.26 – Вимірювання лінійного медіально-латерального розміру

Визначити випнуті кісткові структури, а саме: ліктьовий відросток (*olecranon*), опири кісток передпліччя (рис. 3.27, *а*), медіальний і латеральний виростки плечової кістки. Позначити місця медіального й латерального надвиростків, перевірити на чутливість до тиску (рис. 3.27, *б*).

Перевірити фізіологічну амплітуду рухів у ліктьовому суглобі (рис. 3.27, *в*).  
Визначити наявність болісних відчуттів на дистальному відділі кукси (рис. 3.27, *г*). Перевірити здатність кукси чинити опір у процесі навантаження

на радіальну поверхню (рис. 3.27, *д*). Приклеїти, за необхідності, на болісні місця опилу кісток прокладки для розвантаження з неопрену (рис. 3.27, *е*).

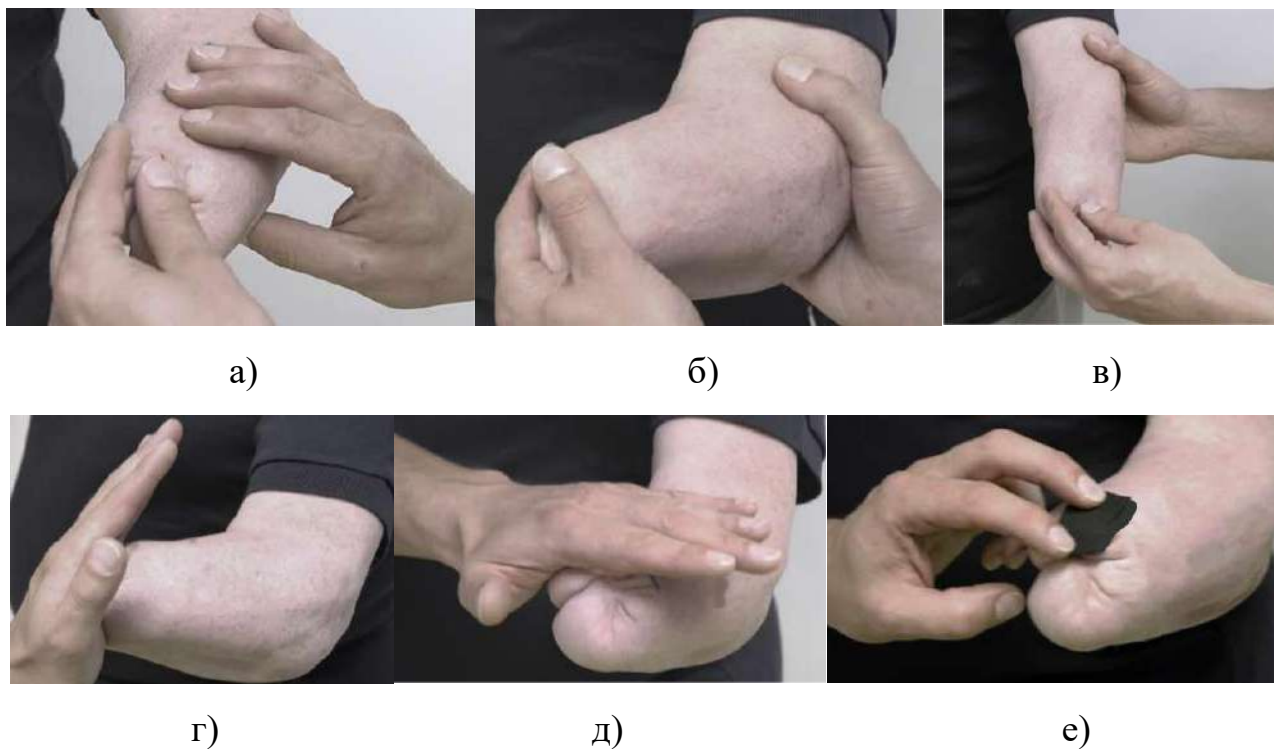


Рисунок 3.27 – Огляд стану кукси

Підготувати лонгету № 1 з 4–6 шарів гіпсового бинта завширшки 12–15 см (рис. 3.28, *а*) залежно від об'єму та довжини кукси. Скласти лонгету навпіл посередині. Позначити виріз необхідної глибини для забезпечення згинання, надвиростки мають бути повністю закриті (рис. 3.28, *б*). Зробити виріз для можливості згинання. Визначити ширину захвату надвиростків, розмір перенести на лонгету (рис. 3.28, *в*).

Визначити місце й розмір вирізу на дорсальній (ліктьовій) поверхні в положенні розгинання (приблизно половина глибини вирізу на вентральній поверхні) (рис. 3.28, *г*). Зробити виріз для розгинання лонгета в готовому вигляді (рис. 3.28, *д*). Перевірити на пацієнтові виріз для згинання, захват надвиростків, захват ліктьового відростка (рис. 3.28, *е, ж*). Вкласти між шарами лонгети № 1 на місця захвату надвиростків відрізки гіпсового бинта для надання додаткової міцності.

Підготувати лонгету № 2 для формування складки лінії згину ліктьового суглоба. Відміряти 10 см гіпсового бинта відповідно до периметра кукси та скласти його посередині в подовжньому напрямку (рис. 3.28, *з*). Зробити виріз.

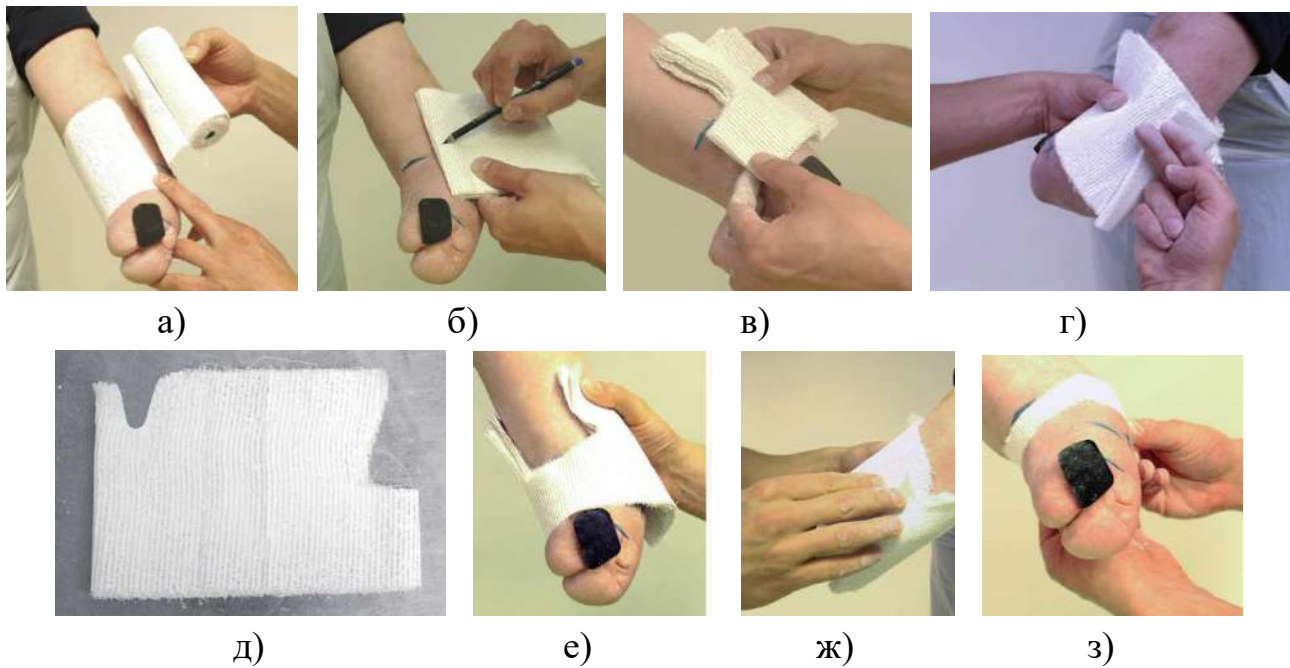


Рисунок 3.28 – Виготовлення гіпсового негатива (лангети)

Надіти вологий трикотажний чохол на куксу. Позначити на чохлі – медіальний і латеральний надвиростки, ліктювий відросток (*olecranon*) (рис. 3.29, а, б, в);

– проксимальний край гільзи (рис. 3.29, г, д): місце ліктювого згину та виріз на негативі для розгинання. У цьому разі орієнтуватись:

- дорсально на положення ліктювої ямки в стані флексії передпліччя (вище від ліктювого відростка);
- латерально й медіально на рівень 2–3 см вище щодо надвиростків;
- вентрально на місце ліктювого згину (для Мюнстерської гільзи), позначити сухожилля біцепса;
- вентрально на рівень дистальніше щодо згину ліктювого суглоба на 45% від загальної довжини кукси (для Нортгестернської гільзи).

На місці згину ліктювого суглоба необхідно позначити центрову лінію як орієнтир для подовжнього напрямку кукси.

Замочити гіпсову лонгету № 1 у воді, не дати їй сильно розмокнути, віджати й накласти на куксу (кукса в положенні згинання приблизно 45° (рис. 3.30, а)). Сформувані виріз для згинання (рис. 3.30, б), місце для ліктювого відростка й виріз для розгинання. Пацієнт має тримати куксу повністю розслабленою.

Накласти, з незначним натягом, вологий гіпсовий бинт почергово за формою вісімки та в кругову, розвернути тільки половину бинта (рис. 3.30, в).

Накласти та натягнути лонгету № 2 вздовж складки ліктявого згину, далі накласти залишок бинта, як описано вище (рис. 3.30, з).

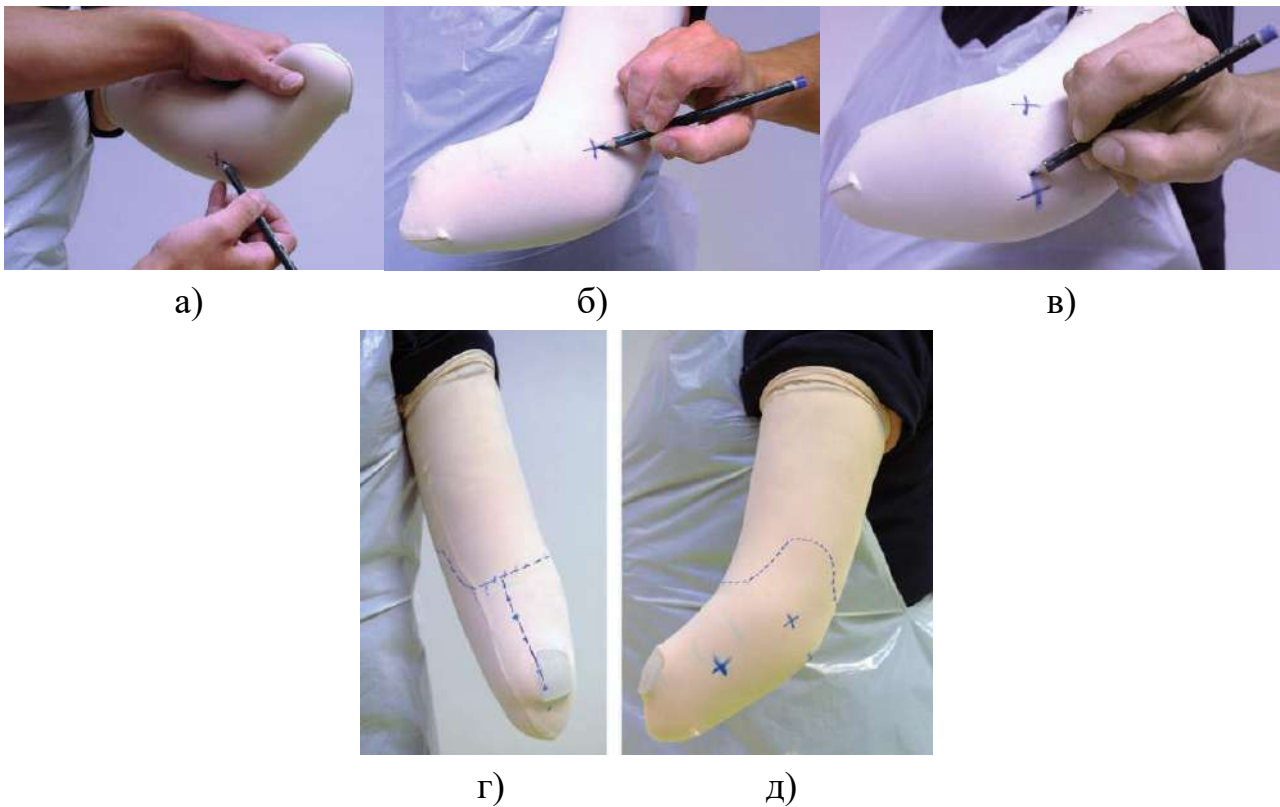


Рисунок 3.29 – Виготовлення гіпсового негатива (розмітка)

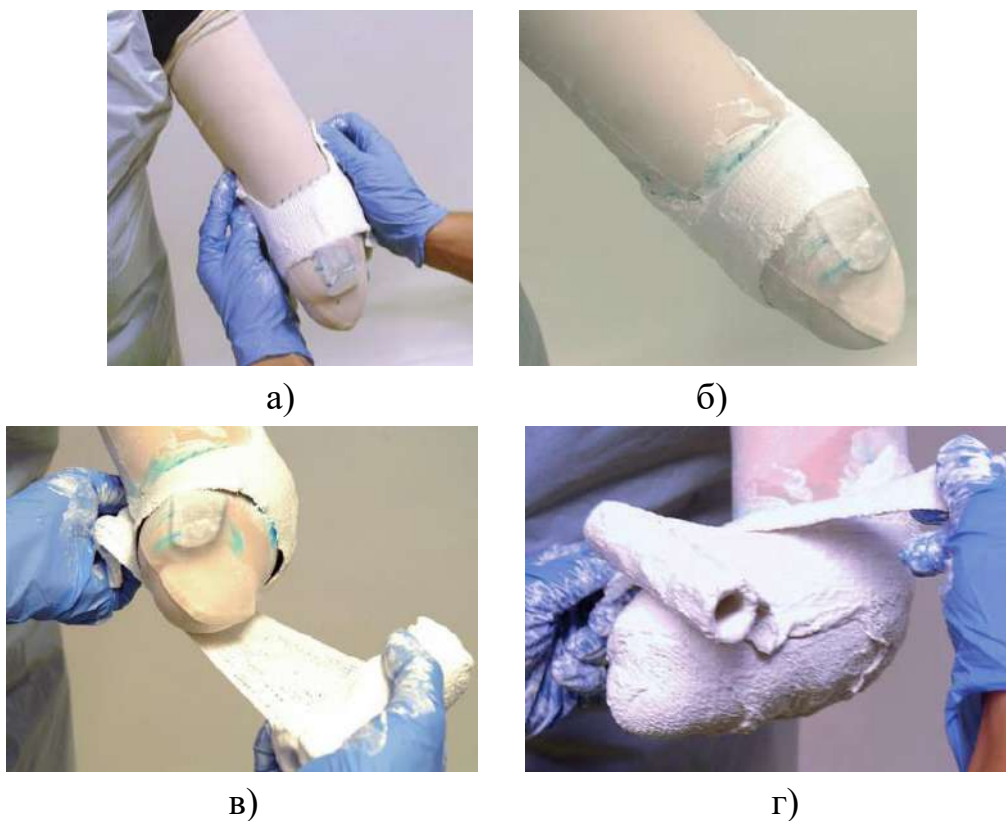


Рисунок 3.30 – Виготовлення гіпсового негатива

Надати куксі положення згинання  $90^\circ$  (пацієнт не має напружувати м'язи), формувати край негатива якнайдалше, моделювати місця захвату виростків плечової кістки (рис. 3.31, а). Формувати вказівним пальцем виріз для кукси в положенні згинання перпендикулярно до подовжньої осі кукси (рис. 3.31, б). Витримати негатив на куксі до затвердіння гіпсу.



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)



з)

Рисунок 3.31 – Виготовлення гіпсового негатива

Попросити пацієнта обережно виконувати рухи згинання й розгинання в ліктьовому суглобі для формування порожнин навколо ліктьового відростка та виростків (рис. 3.31, в). Обрізати негатив уздовж проксимального краю гіпсовими ножицями на пацієнті, перевірити амплітуду руху й, за необхідності, обрізати край негатива знову (рис. 3.31, г). Позначити місце ліктьового згину (рис. 3.31, д). За допомогою лазера позначити вертикальні лінії на гіпсовому негативі у фронтальній і сагітальній площинах (рис. 3.31, е, ж). Вилучити м'які тканини з гіпсового негатива, натискаючи великим пальцем, обережно зняти негатив із кукси.

Відміряти відрізок бинта відповідно до довжини проксимального краю, замочити його у воді (рис. 3.31, з), накласти й розгладити.

Поновити розмітку ліктьового відростка й виростків. Надрізати, якщо це необхідно, негатив на вентральній поверхні проксимального краю та обережно розширити його (рис. 3.32, а).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.32 – Виготовлення гіпсового негатива

Обробити тальком або гіпсоізоляційним кремом внутрішню поверхню негатива. Надіти на куку трикотажний чохол, довжина якого дорівнює подвійній довжині куку, обробити його гіпсоізоляційним кремом. На дистальному краї негатива зробити отвір діаметром близько 20 мм. Протягнути вільний край чохла крізь отвір дистальної частини негатива й надіти його на куку. Для захисту шкіри на лінії згину розмістити між гіпсовим негативом та шкірою пацієнта відрізок, наприклад, тролену. Стягнути негатив на лінії згину відрізком трикотажного чохла (рис. 3.32, б).

Перевірити обсяг руху на згинання (рис. 3.32, в), розгинання, ротаційну стабільність (рис. 3.32, г). Контролювати відчуття в процесі навантаження на променеву поверхню куку, здатність виростків сприймати навантаження та можливість дистальних кісткових структур витримувати навантаження.

Контролювати заповнення м'якими тканинами внутрішньої порожнини негатива. Зняти негатив із куку. Підрізати та підгинати негатив у місцях необхідного коригування. Висушити негатив.

Перевірити маркування (позначки) гіпсового негатива, за необхідності поновити їх. Виміряти периметр проксимального краю негатива й зробити з 3–4 шарів гіпсового бинта лонгету відповідної довжини. Занурити лонгету у воду, віджати зайву воду й накласти на край негатива як його подовження з розрахунку виступу лонгети на 30–40 мм від краю негатива. Установити негатив у ящик з піском. Підготувати гіпсовий розчин, заповнити негатив гіпсовим розчином, установити технологічну трубку згідно з вертикальними орієнтирами на негативі, що були отримані раніше, витримати до затвердіння гіпсу.

Установити технологічну трубку гіпсової моделі в пристрій для оброблення позитивів. Звільнити гіпсову модель, розрізавши та знявши негатив. Поглибити проксимальний край гіпсової моделі (рис. 3.33, а). Перевірити відповідність розмірів куку, указаних у бланку замовлення, й отриманих розмірів моделі, обробити її до виміряних номінальних розмірів.

Обробляти модель необхідно переважно на долонній та дорсальній поверхнях передпліччя, щоб надати їй більш овальної форми.

Місця моделі, що відповідають кістковим виступам (виросткам плечової кістки, ліктьовому відростку, кістковим вистоянням), збільшити гіпсовим розчином на 2–3 мм заввишки (рис. 3.33, б, в, г). Заглибити на моделі лінію згинальної складки. На ділянку м'язів на вентральній площині нанести гіпсовий розчин (рис. 3.32, д, е). Раковини та нерівності зашпаклювати цим розчином. Нерівності на поверхні гіпсової моделі згладити сітками для шліфування. Шліфувати модель насухо та під водою (рис. 3.33, ж).



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)

Рисунок 3.33 – Виготовлення гіпсової моделі кукси

### ***Виготовлення тестової контактної гільзи***

Установити тарілку для глибокої витяжки в універсальному затискному пристрої стаціонарного вакуумного посту, приєднати шланг вакуумпроводу. Установити вакуум на рівні  $-0,6 \div -0,8$  кгс/см<sup>2</sup> і увімкнути його. Розмістити гіпсову модель на тарілці для глибокої витяжки (рис. 3.34, а). Визначити положення з'єднувальної трубки, позначити олівцем, приєднати в цьому

місці внутрішню частину шаблона для встановлення з'єднувальної трубки (рис. 3.34, б). З'єднувальна трубка, як правило, встановлюється близько до дистального краю під  $45^\circ$  до подовжньої осі моделі з виходом на медіальну поверхню. Надіти на гіпсову модель нейлоновий чохол, змочений ізоляційною рідиною, для забезпечення відкачування повітря під час глибокої витяжки (рис. 3.34, в).

Установити зверху зовнішню частину шаблона для розміщення з'єднувальної трубки (рис. 3.34, г). Зняти обидві захисні плівки з пластини термопластичного матеріалу завтовшки 8–10 мм та закріпити пластину в рамці для глибокої витяжки. Рамку для глибокої витяжки з пластиною встановити в термошафу на пристрій, що має вільний простір під матеріалом, і нагрівати, доки матеріал не буде звисати на довжину, що відповідає  $2/3$  довжини гіпсової моделі.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.34 – Виготовлення тестової гільзи

Температура розігріву вказана зазвичай на маркуванні матеріалу. Рамку для глибокої витяжки з розігрітим матеріалом накласти на гіпсову модель. Установити невелику величину вакууму, після глибокої витяжки пригладити матеріал до гіпсового позитива. Розгладити складки в напрямку вирізу для згинання. Якщо матеріал прилягає до гіпсового позитива без складок, то необхідно встановити вакуум на максимальну величину. Виконати моделювання особливих місць, а саме: уздовж лінії вирізу для згинання, ділянки ліктьового відростка, навколо шаблона з'єднувальної трубки. Дочекатися охолодження матеріалу. Розрізати гільзу вздовж краю в проксимальній частині. Зняти матеріал на торці шаблона з'єднувальної трубки на фрезерно-шліфувальному верстаті, прибрати шаблони, позначити межі країв гільзи.

Вилучити гіпс із внутрішньої порожнини гільзи. Обробити краї гільзи та відполірувати їх. Надіти тестову гільзу на куксу пацієнта за допомогою чохла для протягування тканин, водночас звернути увагу на правильне розміщення кукси.

Контролювати розміщення кукси та прилягання м'яких тканин до поверхні гільзи. Перевірити:

- кут максимального згинання;
- кут максимального розгинання;
- відчуття пацієнта під час навантаження на торець кукси;
- відчуття пацієнта в ділянці надвиростків у процесі одягання гільзи та здійснення рухів згинання-розгинання;
- відчуття пацієнта в разі навантаження з латерального, медіального боків, на задню та передню поверхні гільзи;
- здатність гільзи витримувати навантаження за умови докладання зусиль у дистальному напрямку.

Доопрацювати тестову гільзу:

- у разі наявності місць надмірного вільного простору в порожнині гільзи розігріти ділянки надмірного вільного простору за допомогою електрофена до м'якості матеріалу, притиснути матеріал гільзи до поверхні моделі за допомогою еластичної широкої стрічки й сформувати руками (рис. 3.35, а);
- у разі надмірного тиснення гільзи й необхідності збільшення її внутрішнього об'єму приготувати незначну кількість гіпсового розчину й накласти його на місця коригування шпателем (рис. 3.35, б), обробити шліфувальними сітками, розігріти відповідні ділянки гільзи електрофеном і надіти її на модель (рис. 3.35, в) (розрізаний край гільзи намагатися зімкнути, притискати матеріал гільзи до поверхні моделі за допомогою еластичної широкої стрічки).

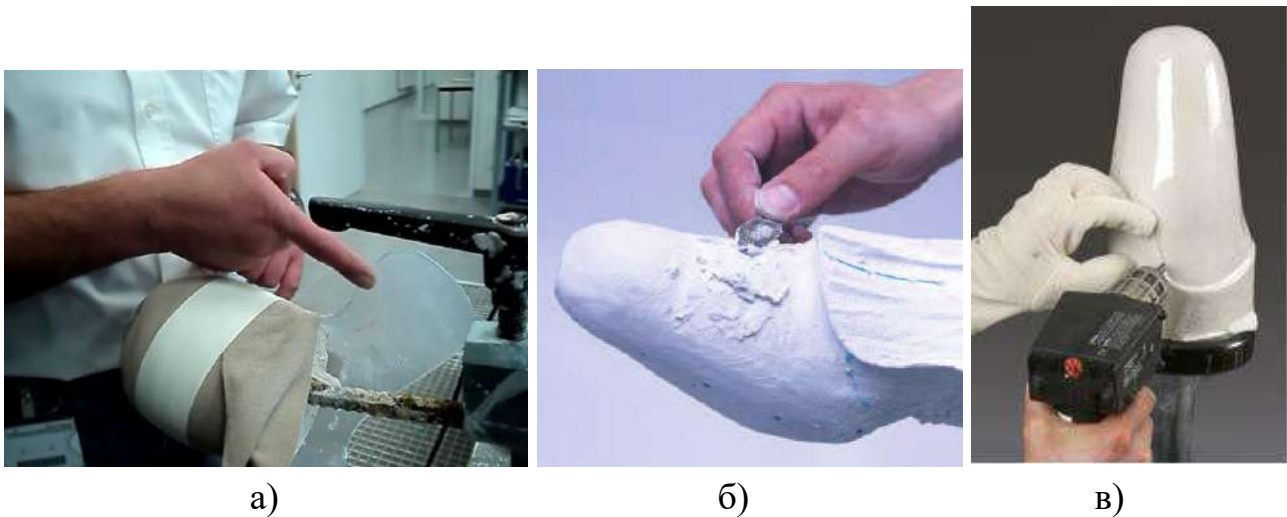


Рисунок 3.35 – Коригування тестової гільзи

Приміряти гільзу, щоб переконатись, що недоліки усунені, і знову дати пацієнтові змогу спробувати тестову гільзу. Зняти тестову гільзу з кукси. Перевірити стан тканин кукси.

Відновити гіпсову модель кукси.

Заповнити пластиліном отвір для з'єднувальної трубки тестової гільзи. Закрити за допомогою клейової стрічки або гіпсовими лонгетами виріз для згинання та дорсальний край гільзи. Подовжити проксимальний край гільзи за допомогою гіпсового бинта, складеного в три шари вздовж периметра цього краю, витримати до затвердіння. Обробити внутрішню порожнину тестової гільзи гіпсоізоляційним кремом або універсальним силіконом. Приготувати гіпсовий розчин та заповнити ним ізольовану тестову гільзу, установити технологічну трубку, витримати до затвердіння гіпсу. Установити технологічну трубку з моделлю в лещата. Розрізати гільзу вздовж моделі та зняти її. Зашпаклювати та зашліфувати модель.

За результатом примірювання коригувати положення з'єднувальної трубки. Приєднати на визначеному місці внутрішню частину шаблона для встановлення з'єднувальної трубки. Висушити гіпсову модель у термошафі.

#### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи***

#### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи з термопластичного матеріалу***

Використовувати, залежно від матеріалу, один із двох методів виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи:

– метод глибокої витяжки під вакуумом для пластин термопластичних матеріалів (завтовшки 8–10 мм);

– метод формування під вакуумом зі швом склеювання (для термопластичного матеріалу завтовшки 4–5 мм).

У використанні матеріалів необхідно враховувати рекомендації виробника.

### ***1) Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи методом глибокої витяжки***

Розмістити гіпсову модель на тарілці для глибокої витяжки. Зняти захисні плівки з пластини термопластичного матеріалу та закріпити її на рамці для глибокої витяжки. Нагріти термошафу до температури, що відповідає зазначеному маркуванню матеріалу. Рамку встановити на підставку, що забезпечує наявність вільного простору під матеріалом. Нагрівати, доки матеріал не буде звисати на довжину, що відповідає 2/3 довжини гіпсової моделі.

Вийняти рамку з термошафи. Процес формування виконувати удвох. Тарілку для глибокої витяжки з розігрітим матеріалом накласти на гіпсову модель. Не повністю відкривати вакуумний клапан, після глибокої витяжки пригладити матеріал до моделі. Розгладити складки у напрямку вирізу для згинання. Якщо матеріал прилягає до гіпсової моделі без складок, установити вакуум на максимальну величину.

Виконати моделювання особливих місць, а саме: на лінії згину та навколо шаблону з'єднувальної трубки. Дочекатися охолодження матеріалу. Вимкнути вакуумування. У проксимальній частині обрізати гільзу вздовж краю. Краї обробити, не залишати гострими. Вилучити матеріал на місці розміщення з'єднувальної трубки.

### ***2) Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи методом формування під вакуумом зі швом склеювання***

Розмістити гіпсову модель у горизонтально розташованій витяжній трубці, що з'єднана зі стаціонарним вакуумним постом. Орієнтувати модель дорсальною поверхнею до підлоги. Виміряти довжину моделі  $L$  (см) та її найбільший периметр  $P_{max}$  (см) для визначення розмірів листа заготовки матеріалу. Необхідно, щоб лист заготовки мав такі розміри:

- довжина  $(L+10)$ , см;
- ширина  $(P_{max}+2)$ , см.

Вирізати заготовку важільними ножицями.

Зняти захисні плівки із заготовки листа термопластичного матеріалу. Нагріти термошафу до температури, що відповідає вказаній на маркуванні

матеріалу. Лист заготовки розмістити в термошафі на листі тефлону та нагрівати, доки матеріал не стане напівпрозорим, клейким та легкогнучким. Вийняти лист із термошафи. Робити це вдвох.

Лист матеріалу накласти на гіпсову модель. З'єднати краї вздовж моделі посередині на дорсальній поверхні, притиснути їх один до одного. Поступово відкрити вакуумний клапан, пригладити матеріал до моделі. Якщо матеріал прилягає до гіпсової моделі без складок, установити вакуум на максимальну величину.

Виконати моделювання особливих місць, а саме: на лінії згину та навколо шаблона з'єднувальної трубки. Обрізати припуск матеріалу ножем близько до поверхні гільзи. Дочекатися охолодження матеріалу. Вимкнути вакуумування. Зняти модель із витяжної трубки.

Визначити й позначити на контактній гільзі місця з'єднання гільз між собою: на 2–3 см нижче від лінії згинання в лікті на дорсальній поверхні та на 1–1,5 см нижче від ліктьового відростка та симетрично щодо нього на вентральній поверхні. Розрізати гільзу вздовж краю в проксимальній частині. Краї обробити, не залишати гострими. Вилучити матеріал на торці імітатора з'єднувальної трубки та на шві зварювання.

Закріпити модель у лещатах. За допомогою електрофена прогрівати матеріал на шві й притиснути його відрізком силіконової стрічки. Розігріти електрофеном почергово місця для встановлення елементів для з'єднання гільз між собою. Закладні гайки (або інші аналогічного призначення) вдавнити в основний шар матеріалу.

Вирізати чотири шайби з того самого матеріалу із зовнішнім діаметром, що дорівнює діаметру закладної шайби, і з отвором 3 мм. Розігріти електрофеном почергово кожен закладну шайбу та виготовлену шайбу. З'єднати їх, притиснути відрізком силіконового лайнера чи стрічки. Обробити ділянки матеріалу навколо закладних елементів. Розігріти електрофеном місця навколо кожної закладної шайби та притиснути відрізком силіконового лайнера чи стрічки.

Зняти заготовку гільзи з вакуумної трубки, обробити торець імітатора з'єднувальної трубки. Обрізати гільзу вздовж проксимального контура. Зняти гільзу з гіпсової моделі. Обробити краї гільзи.

### ***3) Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи із шаруватих пластиків***

Виготовити внутрішній і зовнішній ізоляційні чохла з полівінілспиртової плівки (далі – ПВС-плівка).

Закріпити двоканальну вакуумну трубку стаціонарного вакуумного насоса в універсальному затискному пристрої. У вакуумну трубку вставити технологічну трубку гіпсової моделі. Обтягнути відходами трикотажного рукава поверхню вакуумної трубки між моделлю й верхнім витяжним отвором для забезпечення дренажу. Обробити поверхню моделі тальком. Зволожити внутрішній ізоляційний чохол, обробити тальком його внутрішню поверхню й без складок і зморшок натягти його на модель, щільно приєднавши до поверхні вакуумної трубки під верхнім витяжним отвором стрічкою з матеріалу *Vulkolan*. Увімкнути вакуумну установку, перевірити герметичність системи «гіпсова модель – внутрішній чохол», відкривши клапан верхнього витяжного отвору. Ці параметри вакууму підтримувати постійно в процесі виготовлення гільзи. Залишок плівки відрізати ножицями нижче від рівня герметизації.

Визначити кількість і розміри армувальних чохлів відповідно до матеріалу (насамперед його щільності), розмірів гіпсової моделі, необхідної товщини та міцності гільзи. Перший шар виготовити з фільтр дакрону, всі наступні – з рукава трикотажного. Рекомендована кількість шарів перлонового рукава становить шість штук. Обгорнути гіпсову модель фільтр дакроном без зайвого натягу, визначити необхідну кількість матеріалу й форму цього армувального чохла, зашити його за допомогою швейної машини. Довжина цього чохла дорівнює довжині моделі з припуском 5 см. Нарізати ножицями чохла з трикотажного рукава необхідної кількості. Довжина одного чохла дорівнює подвійній довжині моделі з припуском. Надіти армувальні чохла на гіпсову модель:

- перший шар з фільтр дакрону (відповідно до форми моделі);
- другий – половина вимірної довжини чохла з трикотажного рукава;
- третій – друга половина рукава.

Кріпити шари армування до технологічної трубки під моделлю відходами еластичного рукава. Нарізати в отворах закладних зубчастих шайб різьбу *M4*.

Розташувати на другому шарі армування:

- закладні зубчасті шайби (дві – на передній поверхні моделі, дві – на задній, симетрично щодо середньої лінії моделі);
- відрізки 30x30 мм склотканини або вуглетканини за допомогою двобічної клейкої стрічки на місцях розташування закладних шайб;
- смужку склотканини на задній поверхні моделі відповідно до форми вирізу проксимального краю;

– обтягнути модель рукавами трикотажними, що залишились, прикріпити їх до технологічної трубки відходами трикотажного рукава.

Зволожити зовнішній ізоляційний чохол із ПВХ-плівки. Після 5–7 хв натягнути його на складень. Герметично зафіксувати його під нижнім витяжним отвором стрічкою з матеріалу *Vulkolan*. Перевірити герметичність зовнішнього чохла.

Приготувати в'язку речовину з ортокрилової смоли й залити крізь лійку в горловину зовнішнього чохла, верхню частину чохла перев'язати відходами трикотажного рукава. Відкрити клапан нижнього витяжного отвору вакуумного посту. Розподілити в'язку речовину вздовж поверхні складня, після досягнення ним технологічного припуску її залишки перемістити до горловини чохла, відсікти зайву кількість, перев'язавши мотузкою біля дистального краю. Вимкнути вакуумну установку після затвердіння в'язкої речовини.

Зняти заготовку гільзи з вакуумної трубки, обробити дистальний край гільзи, зняти зовнішній чохол із ПВХ-плівки. Обрізати гільзу вздовж проксимальному контура. Зняти гільзу з гіпсової моделі. Обробити краї гільзи, зняти ізоляційний чохол.

#### ***4) Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи із силіконової суміші «Термосил»***

Установити та закріпити технологічну трубку з гіпсовою моделлю у витяжній трубці, що з'єднана з вакуумним постом. Позначити на моделі місця розташування закладних елементів кріплення гільз:

– два на дорсальній поверхні моделі – симетрично щодо середньої лінії, на 3 см нижче від проксимального краю;

– на вентральній поверхні – симетрично ліктювого відростка, на 1–1,5 см нижче за його рівень.

Обробити поверхню моделі рідким милом. Підготувати основний матеріал гільзи – силіконову суміш «Термосил 52-1110» (або 52-1196) до використання:

– визначити розміри заготовки основної частини гільзи відповідно до розмірів гіпсової моделі:

– довжину,  $L$ , см, що дорівнює довжині моделі з припуском 2–3 см;

– ширину,  $P_{max}$ , см, що дорівнює найбільшому периметру моделі з припуском 2–3 см;

– пропустити в кілька прийомів лист на вальцях із дистанційним розміром, що забезпечує товщину листа матеріалу 3–3,5 мм. Вирізати

ножицями або ножем з листа матеріалу «Термосил 52-1110» (або 52-1196) вказаної товщини заготовку, розмір якої не менший ніж  $L \times P_{max}$ .

Вирізати з листа «Термосил» чотири відрізки круглої форми, що відповідають розмірам закладних елементів. З'єднати закладні елементи з відповідними відрізками силіконової суміші та розташувати їх на моделі: дві – на передній поверхні моделі, дві – на задній симетрично щодо середньої лінії моделі. Притиснути до виходу матеріалу з отворів. У різьбові отвори закладних елементів установити відповідні захисні різьбові штифти.

Накласти заготовку основної частини гільзи по моделі. Матеріал не натягувати, щоб запобігти нерівномірному змінненню товщини. Заготовку починати розташовувати на задній поверхні, поступово розподіляючи матеріал на попередньо встановлених елементах гільзи, не залишати повітря між шарами. Розташувати шов на передній поверхні моделі, обрізати зайвий матеріал уздовж шва.

За допомогою швейної машини зшити з одного боку чохол із трикотажного рукава завдовжки відповідно до довжини гіпсової моделі, з припуском 5 см. Надіти кілька шарів трикотажного рукава (6–8) на заготовку гільзи та щільно натягнути, запобігаючи утворенню зморшок. Закріпити вільний його край на технологічній трубці під моделлю. Надіти на складень міцний поліетиленовий пакет або вологий рукав із PVA-плівки. Закріпити його під верхнім витяжним отвором двоканальної вакуумної трубки. Відкрити кран для вакуумування. Руками розподілити матеріал на моделі. Увімкнути максимальний вакуум (приблизно 1 кгс/см<sup>2</sup>).

Вимкнути вакуум. Обережно зняти трикотажний рукав, перевірити якість поверхні, зрівняти місця збігу матеріалу пальцями. Для уникнення прилипання матеріалу використовувати рідке мило. Провести термооброблення заготовки таким чином (заготовка не має торкатися поверхонь термошафи):

- увімкнути та розігріти термошафу;
- розташувати гіпсову модель із заготовкою гільзи в термошафі;
- витримати впродовж 1 год;
- підняти температуру термошафи;
- витримати протягом 3 год;
- вимкнути термошафу.

Дати заготовці охолонути, не виймаючи з термошафи. Обережно зняти гільзу з моделі. Вирівняти, за необхідності, краї гільзи ножицями, обробити краї на фрезерно-шліфувальному верстаті або за допомогою ручної шліфувальної машинки *Dremel*.

- Надіти внутрішню гільзу протеза на куксу пацієнта. Переконатися, що
- м'які тканини кукси розташовуються в порожнині без надмірного здавлювання;
  - відсутній тиск на кісткові опили й болісні місця;
  - верхній контур контактної (внутрішньої) гільзи не перешкоджає згинанню в ліктьовому суглобі;
  - гільза надійно утримується на куксі пацієнта.
- Зняти гільзу з кукси пацієнта.

### ***Виготовлення зовнішньої (несної) гільзи***

Надіти контактну (внутрішню) гільзу на гіпсову модель кукси. Закріпити в лещатах. Обгорнути поверхню контактної гільзи ПВХ-плівкою в кілька шарів, створюючи ізоляційний шар. Відрізати неопренову клейку стрічку, що довжиною відповідає периметру проксимального краю гільзи. Наклеїти цей відрізок на поверхню ізоляційного чохла на рівні закладних елементів контактної гільзи. Торцеві кінці стрічки з'єднати встик. Обгорнути контактну гільзу пластиною тролену (або листовим поліетиленом) завтовшки 1–2 мм, формуючи зрізаний конус навколо контактної гільзи. Знизу тролен або листовий поліетилен щільно притиснути до неопренової стрічки та скріпити поліетиленовою клейкою стрічкою конус посередині й уздовж країв. Приготувати в мірнику суміш із жорсткого пінопласту (педилену) та затверджувача для жорстких пінопластів у пропорції 1:1, перемішати й залити в горловину сформованого конуса. Зняти пластину тролену (поліетилену) після затвердіння педиленової суміші та неопренову стрічку.

Визначити довжину формоутворювальної моделі – від виміряного розміру  $A$  (бланка замовлення) відняти довжину кисті (від краю пальців до фланця):  $L = A - L_{\text{кисті}}$ .

Обрізати модель за визначеним рівнем. Установити форму дистального краю залежно від комплектувальних виробів, що будуть установлені в протез.

Обробити поверхню педиленової формоутворювальної моделі вздовж усієї довжини. Зазвичай для забезпечення найбільш близького до анатомічної норми положення кисті та для досягнення ефективної функціональної схеми кисть орієнтувати щодо гільзи передпліччя таким чином:

- у сагітальній площині надавати  $3^{\circ}$ – $5^{\circ}$  радіальної девіації;
- у фронтальній – до  $5^{\circ}$  флексії.

Положення кисті контролювати за допомогою лазерного рівня та гоніометра.

Установити на дистальну торцеву поверхню формуювальної моделі вузол або частину вузла, що підлягає ламінуванню (відповідно до рекомендації виробника), визначити його положення, виконати маркування його максимального діаметра на торцевій поверхні. Звести формуювальну модель нанівець до маркованого контура, зважаючи на схему побудови протеза.

Закріпити двоканальну вакуумну трубку стаціонарного вакуумного насоса в універсальному затискному пристрої. У вакуумну трубку вставити технологічну трубку гіпсової моделі. Обробити формуювальну модель тальком.

Виготовити внутрішній і зовнішній ізоляційні чохла з ПВХ-плівки. Перевірити герметичність чохла, наповнюючи їх повітрям. Обтягнути відходами трикотажного рукава поверхню вакуумної трубки між моделлю та верхнім витяжним отвором для забезпечення дренажу. Обробити поверхню моделі тальком. Зволожити внутрішній ізоляційний чохол, обробити тальком його внутрішню поверхню й без складок і зморшок натягти його на складень, щільно приєднавши до поверхні вакуумної трубки під верхнім витяжним отвором стрічкою з матеріалу *Vulkolan*. Увімкнути вакуумну установку, перевірити герметичність системи «складень – внутрішній чохол», відкривши клапан верхнього витяжного отвору. Установити на дистальну торцеву поверхню формуювальної моделі вузол або частину вузла, що підлягає ламінуванню (відповідно до рекомендації виробника). За необхідності ізолювати внутрішню порожнину вузла за допомогою термостійкого пластиліну.

Нарізати два армувальних чохла з перлонового рукава. Довжина одного чохла має дорівнювати подвійній довжині заготовки з припуском.

Надіти перший шар перлонового рукава, зав'язати його під моделлю. Установити у вигляді рамкової конструкції шар вуглетканини (склотканини) за допомогою двобічної клейкої стрічки:

- уздовж периметра проксимального та дистального країв;
- на медіальній і латеральній поверхнях у вигляді з'єднувальних стрічок.

Надіти другий шар перлонового рукава, закріпити під моделлю. Надіти ще два шари перлонового рукава, закріпити їх під моделлю.

Зволожити зовнішній ізоляційний чохол із ПВХ-плівки. Після 5–7 хв натягнути його на складень. Герметично зафіксувати його під нижнім витяжним отвором стрічкою з матеріалу *Vulkolan*. Перевірити герметичність зовнішнього чохла. Приготувати в'язку речовину з ортокрилової смоли й залити крізь лійку в горловину зовнішнього чохла, верхню частину чохла перев'язати відходами трикотажного рукава. Відкрити клапан нижнього

в'язного отвору вакуумного посту. Розподілити в'язку речовину вздовж поверхні складня, після досягнення технологічного припуску залишки її перемістити до горловини чохла, відсікти зайву кількість, перев'язавши мотузкою біля дистального краю. Вимкнути вакуумну установку після затвердіння в'язкої речовини, зняти зовнішній чохол з гільзи.

Вилучити пластик із торцевої поверхні дистального краю гільзи. Закріпити технологічну трубку гільзи в лещатах. Позначити контур проксимального краю зовнішньої гільзи – на 1 см дистальніше щодо краю внутрішньої гільзи. Уздовж маркованої лінії надрізати гільзу ножом або електропилою для гіпсу, не торкаючись поверхні контактної гільзи. Заглиблення прогріти електрофеном і обережно прорізати ножом. Прибрати гіпс із порожнини внутрішньої гільзи, вийняти внутрішню гільзу. Вилучити формоутворювальну модель з порожнини зовнішньої гільзи. Механічно обробити торцеві поверхні зовнішньої гільзи.

### ***Попереднє складання протеза***

Пропалити крізь отвори закладних шайб отвори під гвинти кріплення на зовнішню гільзу. Розсвердли отвори Ø 4,2 мм. Установити у відповідний отвір на контактній (внутрішній) гільзі з'єднувальну трубку. З'єднати зовнішню (несну) й контактну (внутрішню) гільзи, сполучити відповідні отвори на них, установити гвинти для їх з'єднання. Вставити пристрій для магнітного центрування в з'єднувальну трубку. Протилежний полюс пристрою розмістити на зовнішній гільзі. У цьому разі використати автоматичне визначення положення центра отвору шляхом дії магніту й виконати відповідне маркування маркером.

Роз'єднати зовнішню та контактну гільзи. На позначці попередньо зробити отвір Ø 8 мм. Розсвердли отвір до Ø 24 мм. Визначити необхідну довжину з'єднувальної трубки, маркувати вздовж периметра на рівні її виходу. Закріпити з'єднувальну трубку (після підганяння за довжиною) у відповідному отворі контактної гільзи.

З'єднати гільзи. Установити з'єднувальну трубку в отвори в гільзах. Зафіксувати з'єднувальну трубку у внутрішній гільзі в'язкою речовиною на основі ортокрилової смоли. Витримати до затвердіння. Обрізати залишок з'єднувальної трубки, зашліфувати її торцевий край. Роз'єднати гільзи. Приклеїти кільце для клапана на зовнішній гільзі в'язкою речовиною. Витримати до затвердіння. Установити вакуумний клапан.

Приєднати променезап'ястковий вузол способом, що передбачений його конструкцією, закріпити його відповідно до рекомендації виробника. Приєднати кисть у процесі виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза з одним кінцевим пристроєм способом, передбаченим конструкцією обраного променезап'ясткового вузла.

Приєднати кисть або функціональний захват (гачок) під час виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза з комбінацією кінцевих пристроїв через адаптер. Зазвичай конструкція адаптера передбачає його приєднання нагвинчуванням на хвостовик кисті з різьбленням.

### **Виготовлення та підганяння бандажа**

Виготовлення системи керування захватними пристроями протеза далі описано на прикладі застосування бандажа виробництва фірми *Otto Bock 21A36*, що забезпечує керування протезами з одним кінцевим пристроєм або комбінацією кінцевих пристроїв. Доцільно виготовляти бандаж у вигляді «дев'ятки» (рис. 3.36, а), що забезпечує

- керування захватними пристроями протеза;
- спрощений спосіб розташування на плечовому поясі (у процесі надівання протеза).

Зняти пряжку 21Y195=25 з одного краю стрічки, що має бути під пахвою, та з кільця 21Y194. Надіти на цю стрічку захисний силіконовий чохол 21A29. Закріпити цей край стрічки навколо кільця у зворотному порядку (рис. 3.36, б). Надіти протез на куксу пацієнта. Розташувати пахвову петлю (рис. 3.36, в) під пахвою, протилежною щодо ураженого боку, захисний чохол має бути по її центру. Розташувати кільце між лопатками на лінії хребта та на рівні нижньої третини лопатки (рис. 3.36, в). Коригувати довжину ремінця пахвової петлі, обрізати залишкову частину. Зняти бандаж. Оплавити край стрічки.

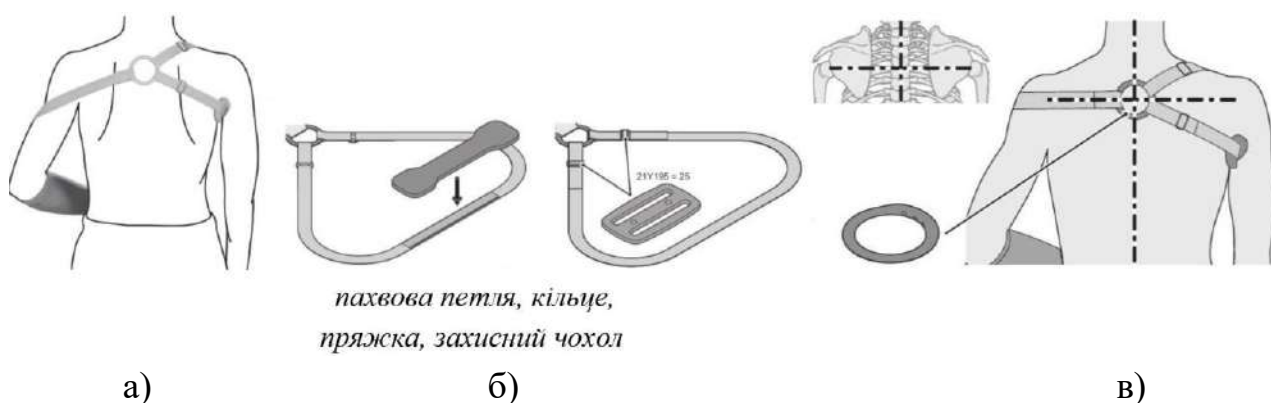


Рисунок 3.36 – Виготовлення бандажа

Відміряти необхідну довжину еластичної стрічки з тягою до проксимального краю зовнішньої гільзи вздовж латеральної поверхні (рис. 3.37, а). Це місце для встановлення утримувача. Обрізати еластичну стрічку по довжині, але водночас не ушкодити й не обрізати тягу (рис. 3.37, б). Позначити на зовнішній гільзі місце отвору для приєднання утримувача. Зняти протез із кукси. Роз'єднати гільзи. Відповідно до позначки просвердлити отвір Ø 5 мм.

Приєднати утримувач за допомогою гвинта *M4* й установчої гайки *M4* (рис. 3.37, в). З'єднати гільзи.

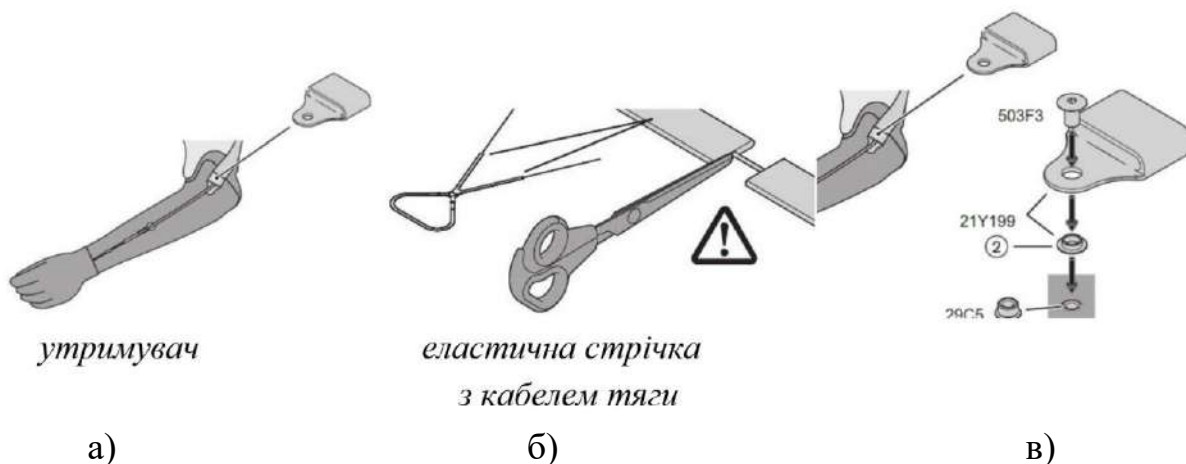


Рисунок 3.37 – Виготовлення бандажа

Оплавити край еластичної стрічки, закріпити його в утримувачі фіксатором згідно з рис. 3.38, а. Визначити та позначити місце розташування напрямної тяги (рис. 3.38, б): на середній лінії передньо-латеральної поверхні, на 5–6 см дистальніше від лінії обрізання гільзи, що забезпечує згинання руки в лікті. Роз'єднати гільзи. Просвердлити на визначеному місці отвір Ø 5 мм. Приєднати напрямну тягу за допомогою гвинта *M4* та установчої гайки *M4* відповідно до рис. 3.39, а.

З'єднати гільзи. Установити спіральну оболонку. Просунути тягу в спіральну оболонку, загвинтити її в утримувач, трохи повернувши проти ходу годинника (рис. 3.39, б). Установити спіральну оболонку в напрямну за допомогою спіральної гайки *21A6* (рис. 3.39, в).

Позначити на гільзі орієнтир для визначення довжини кабелю тяги бандажа на відстані 5 см дистальніше щодо напрямної та на одній лінії з її напрямком. Це орієнтир для місця розташування переривника на тязі. Надіти протез із бандажем. Натягнути кабель тяги бандажа до орієнтиру на гільзі, перенести на тягу позначку для положення переривника, обрізати тягу на місці позначки. На край тяги бандажа нагвинтити корпус з'єднувача *10Y32=1*. Приєднати до корпусу з'єднувача *10Y32=1* сферичний фіксатор *10Y31=1* (рис. 3.40).

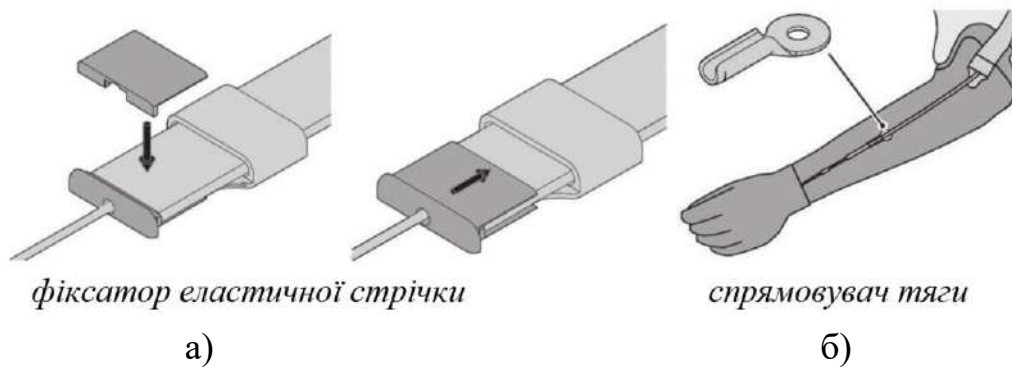


Рисунок 3.38 – Виготовлення бандажа

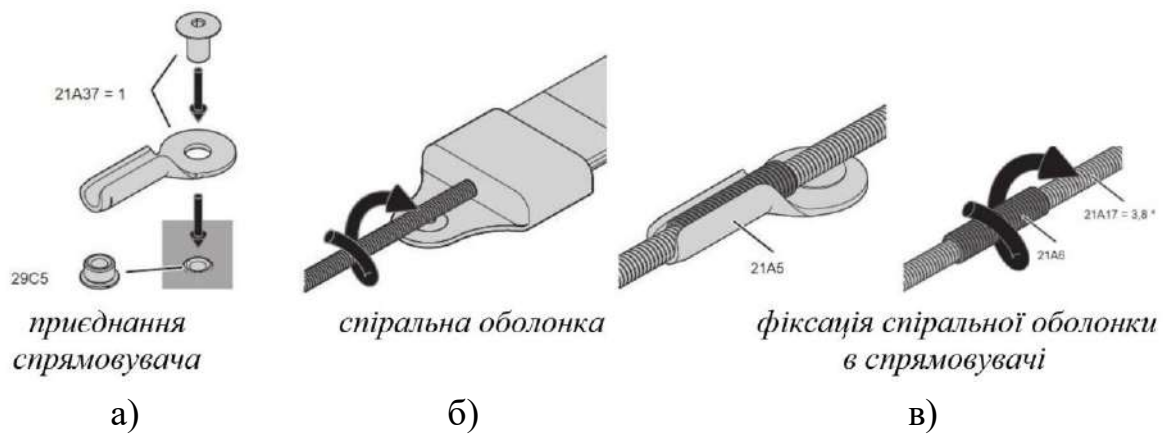


Рисунок 3.39 – Виготовлення бандажа

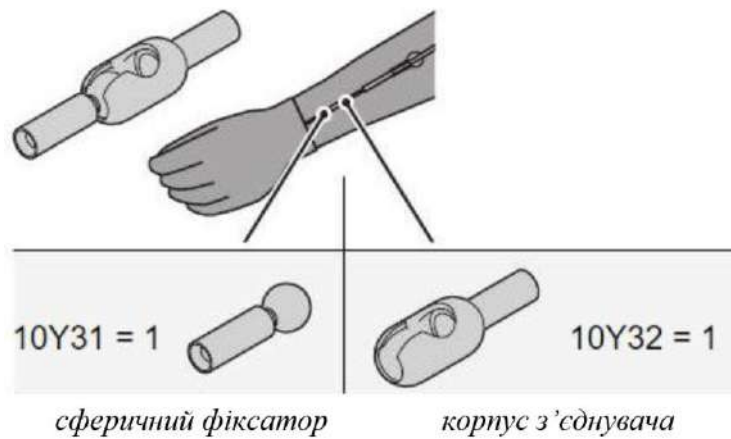


Рисунок 3.40 – Виготовлення бандажа

Натягнути кабель тяги кисті (або функціонального захвату – гачка) в напрямку тяги бандажа, позначити на ній місце для встановлення сферичного фіксатора 10Y31=1. На край тяги кисті (або функціонального захвату – гачка) нагвинтити сферичний фіксатор 10Y32=1.

Випробувати функціонування протеза. Для функціонування захватного пристрою пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом (див. рис. 2.32):

- двобічну абдукцію лопаток (відведення) в комбінації з флексією плеча для розкриття захватного пристрою;

- двобічну аддукцію лопаток (приведення) в комбінації з екстензією плеча для закриття захватного пристрою.

За необхідності потрібно коригувати довжину кабелю кисті (або гачка) та стрічок бандажа.

У виготовленні протеза з комбінацією кінцевих пристроїв (рис. 2.13) від'єднати (способом дії механізму швидкоз'єдного від'єднання та переривника на тязі) захватний пристрій, довжина тяги якого була визначена, та приєднати другий захватний пристрій.

### ***Примірювання та остаточне складання протеза***

Надіти протез на куксу пацієнта. Перевірити надійність утримування протеза на куксі за умови опущеної донизу кінцівки. Переконайтесь, що:

- м'які тканини кукси розташовуються у порожнині без надмірного здавлювання;

- відсутній тиск на надвиростки плечової кістки, кісткові опили й болісні місця;

- верхній контур внутрішньої гільзи не впирається в м'які тканини під час згинання в ліктьовому суглобі;

- гільза надійно утримується на куксі пацієнта.

Перевірити, що положення кисті відповідає фізіологічному положенню збереженої кінцівки. Уточнити та за необхідності коригувати довжину елементів бандажа за результатами тренінгів після напрацювання навичок користування протезом.

Закріпити гвинт утримувача та зафіксувати різьбові з'єднання хвостовиків захватних пристроїв і адаптерів клеєм *Loctit*. Не користуватися 12 год.

У разі встановлення штучної кисті визначити довжину косметичної оболонки кисті, обрізати її за певними розмірами. Надіти косметичну оболонку на формоутворювальну оболонку кисті в такий спосіб:

- визначити довжину косметичної оболонки кисті, обрізати її за визначеними розмірами;

- розігріти косметичну оболонку кисті в термошафі;

- обробити внутрішню поверхню оболонки антибактеріальним спреєм;

- надіти косметичну оболонку на кисть протеза поступово, відкриваючи механізм і направляючи пальці.

### ***Особливості технології виготовлення пасивного (косметичного) протеза передпліччя***

Виготовлення косметичного протеза передпліччя здійснюється відповідно до технологічних операцій створення функціонального протеза передпліччя. Але необхідно зважати на деякі особливості:

- у виготовленні зовнішньої гільзи використовується відповідний вузол для приєднання косметичних штучних кистей (гачка);
- попереднє складання протеза та виготовлення бандажа не здійснюється – протез утримується завдяки захопленню надвиростків плечової кістки;
- у конструкції протеза застосовується або кисть пасивна, або гачок.

### **3.2.3 Технологія виготовлення функціонального (керованого рухами тіла) протеза плеча**

#### ***Виготовлення гіпсової моделі кукси***

#### ***Знімання мірок***

Конструкція функціонального (керованого рухами тіла) протеза плеча подана на рис. 3.41.

Знімання мірок проводити в положенні кукси приблизно  $60^\circ$  відведення від тулуба та нейтрального положення згинання-розгинання кукси в плечовому суглобі.

Заміряти й занотувати в бланк замовлення (рис. 3.42) параметри збереженої кінцівки:

- відстань від ліктьового відростка до кінця першого пальця  $A$ , см;
- периметр  $P$  – обхват кисті на рівні п'ястних кісток. Визначити типорозмір штучної кисті протеза відповідно до периметра  $P$  на рівні п'ястних кісток збереженої руки.

Заміряти й додати в бланк розміри кукси (рис. 3.42):

- довжину кукси  $B$ , см – відстань від пахвової западини до краю кукси;
- периметр  $P1$ , см – обхват дистальної частини кукси; від цього рівня зробити позначки на куксі через кожні 3 см;
- периметр  $P2-n$ , см – обхвати кукси на маркованих рівнях.

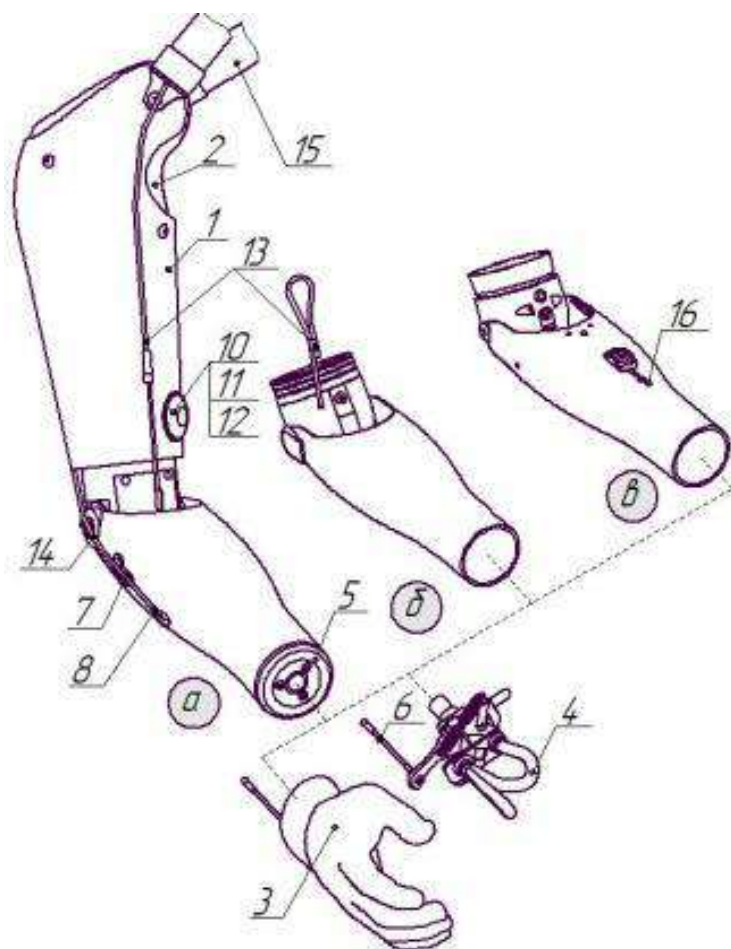


Рисунок 3.41 – Зовнішній вигляд протеза плеча,  
керovanого рухами тіла з одним кінцевим пристроєм:

а – протез плеча з ліктьовим вузлом з активною фіксацією положень флексії / екстензії (з гільзою передпліччя індивідуального виготовлення);

б – протез плеча з ліктьовим вузлом (окремим комплектувальним виробом) з активною фіксацією положень флексії / екстензії;

в – протез плеча з ліктьовим вузлом

із пасивною фіксацією положень флексії / екстензії:

1 – зовнішня (несна) гільза; 2 – контактна (внутрішня) гільза;

3 – кисть активна; 4 – гачок активний; 5 – вузол променезап'ястковий;

6 – тяга гачка; 7 – утримувач;

8 – з'єднувач тяги бандажа з тягою кінцевого пристрою;

10 – кільце клапана; 11 – клапан вакуумний; 12 – трубка з'єднувальна;

13 – тяга керування ліктьовим вузлом;

14 – тяга керування кінцевим пристроєм;

15 – бандаж; 16 – кнопка фіксації / розфіксації ліктьового вузла

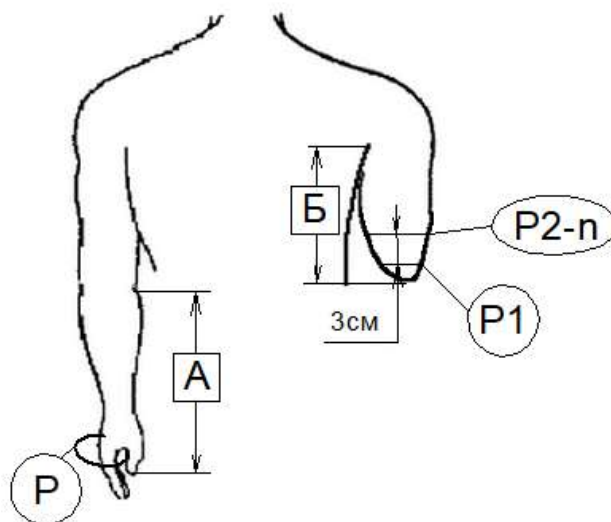


Рисунок 3.42 – Знімання мірок

### ***Виготовлення гіпсового негатива кукси***

Для виготовлення гіпсового негатива обрати зручне положення пацієнта (частіше – стоячи). Попереднє положення кукси під час виготовлення негатива має становити приблизно  $60^\circ$  відведення від тулуба та нейтральне положення згинання-розгинання кукси в плечовому суглобі.

Оглянути усічену кінцівку пацієнта та стан м'яких тканин. Визначити форму кукси (конічна, циліндрична), обсяг рухомості в плечовому суглобі, наявність кісткових вистоянь у дистальній частині. Розпитати пацієнта про відчуття під час пальпації м'яких тканин, навантаження на дистальний край.

Для вимірювання допоміжним засобом використовуються жіночі панчохи (капронові), щоб створити компресію м'яких тканин та захистити шкіру.

Відрізати панчохи з одного боку. Надіти їх на ділянку плечового пояса пацієнта та зав'язати під краєм кукси (рис. 3.43, а, б). Позначити ключицю (рис. 3.43, в). Позначити на латеральній поверхні акроміон і ость лопатки (рис. 3.43, г) на тильній поверхні тулуба. Олівцем позначити проксимальний край гільзи.

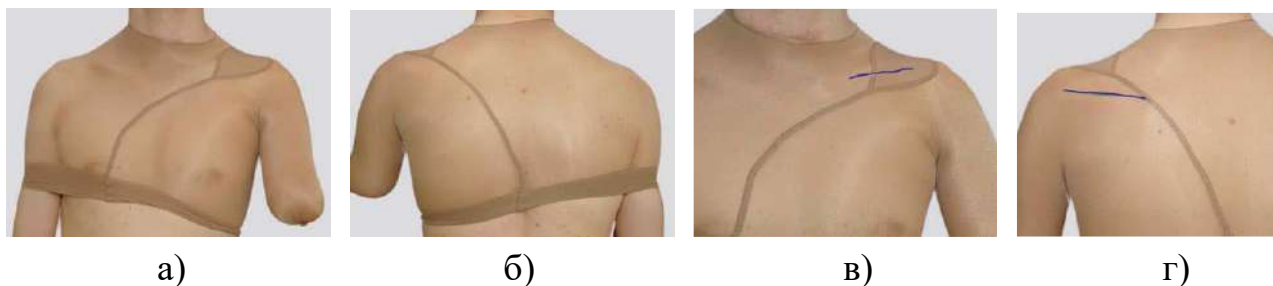


Рисунок 3.43 – Розмітка кукси

Негатив для приймальної (динамічної) гільзи на довгу та середню довжини кукси має охоплювати:

– латерально ділянку прикріплення дельтоподібного м'яза (*deltoideus*) (рис. 3.44, а);

– крилоподібними подовженнями гільзи на фронтальній (передній) поверхні ділянку прикріплення грудного великого м'яза, на дорсальній (задній) – частину лопатки в зоні підостьового м'яза (*infraspinatus*) для запобігання ротації;

– медіально – плече до пахвової западини.

Негатив для приймальної гільзи на коротку та надкоротку куксу (гільза традиційної конструкції) має охоплювати:

– латерально – плече до акроміона;

– зверху – ділянку лопатково-ключичного з'єднання та зону прикріплення трапецієподібного м'яза (*trapezius*);

– крилоподібними подовженнями гільзи на фронтальній (передній) поверхні ділянку прикріплення грудного великого м'яза (*pectoralis major*) (рис. 3.44, б), на дорсальній (задній) – частину лопатки в зоні підостьового м'яза (*infraspinatus*) для запобігання ротації (рис. 3.44, в);

– медіально – плече до пахвової западини.

Позначити на передній і латеральній поверхнях кукси вертикальні осі.

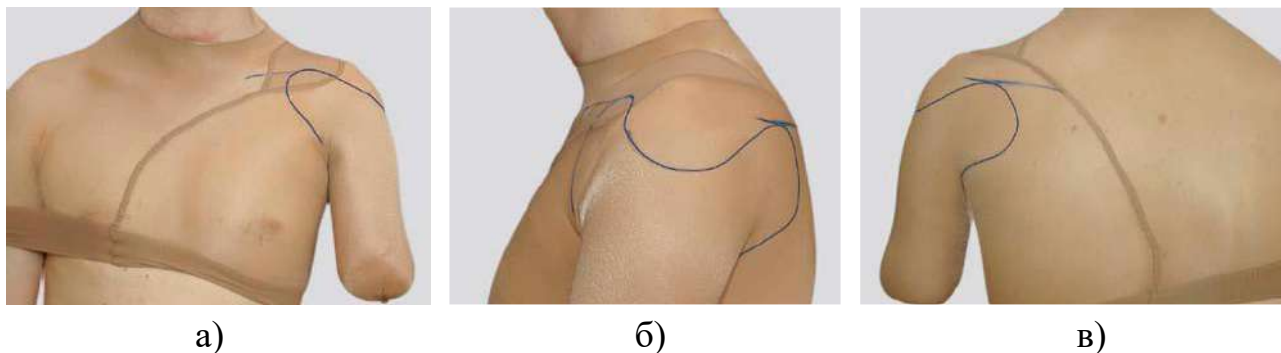


Рисунок 3.44 – Розмітка контурів негатива

Підготувати гіпсові бинти:

– 1 – один-два еластичних гіпсових бинти;

– 2 – дві лонгети із семи шарів гіпсового бинта, довжина яких вимірюється відповідно до рис. 3.45, а, б;

– 3 – лонгету із семи шарів гіпсового бинта, довжина якої вимірюється згідно з рис. 3.45, в.

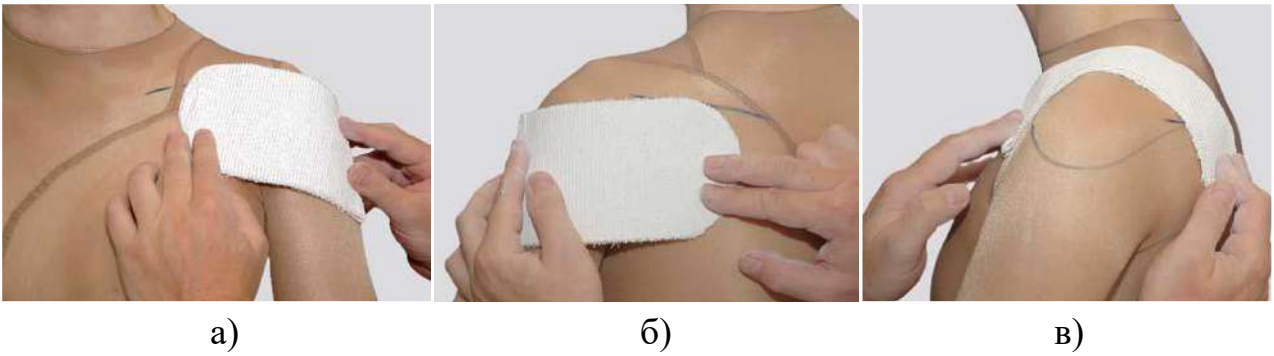


Рисунок 3.45 – Виготовлення лонгет

Надіти на пацієнта фартух і нанести гіпсоізоляційний крем на пахвову зону. Замочити еластичні бинти в ємності з водою, накласти їх з помірним натягом на куксу. Сформувати негатив по м'яких тканинах від дистального до проксимального відділу (рис. 3.46, *а*). Рухати куксу один раз уперед та назад для отримання відбитка пахвової западини на гіпсовому негативі (рис. 3.46, *б*, *в*). Привести куксу до тулуба. Стежити за щільним приляганням негатива.

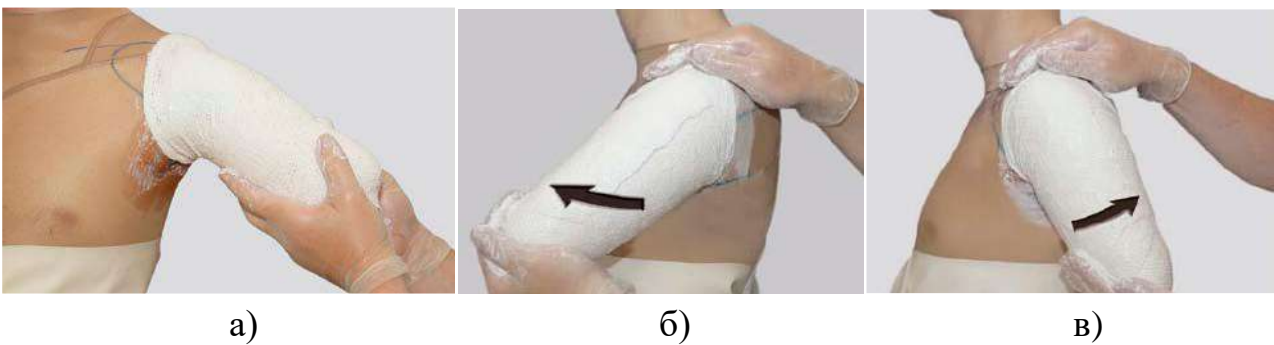


Рисунок 3.46 – Формування гіпсового негатива

Накласти лонгети на фронтальну й тильну ділянки тулуба, моделювати негатив на фронтальній і тильній поверхнях тулуба (рис. 3.47, *а*, *б*). Накласти лонгету на надпліччя, з'єднати нею дві попередні лонгети (рис. 3.47, *в*).



Рисунок 3.47 – Формування гіпсового негатива

Тиснути під лопаткою розкритою долонею однієї руки, та під ключицею – другою долонею (рис. 3.48, а). Ділянку акроміона залишити вільною під час виготовлення негатива з довгої або середньої довжини кукси. Формувати задньо-латеральне поглиблення на негативі кукси плеча (рис. 3.48, б) для запобігання виникнення каналу в м'яких тканинах у процесі скорочення м'язів трицепса (*triceps*). Досить сильно тиснути під лопаткою розкритою долонею однієї руки, та під ключицею – другою долонею (рис. 3.48, а). У цьому разі з'явиться вільний простір між верхньою лонгетою та надпліччям (рис. 3.48, в).

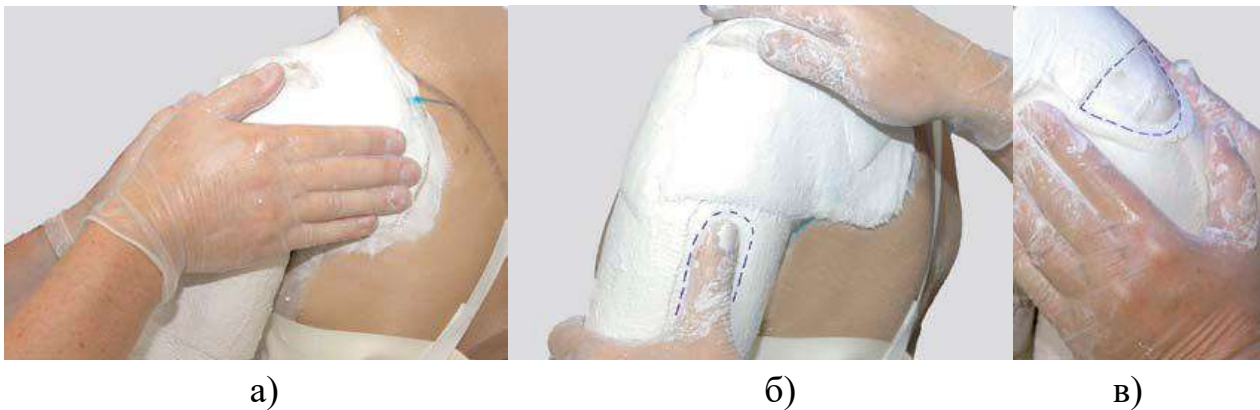


Рисунок 3.48 – Формування гіпсового негатива

Зробити на верхній лонгеті поперечні позначки для точного суміщення частин цього елемента після його розрізання. Розрізати лонгету на надпліччі посередині довжини. Позначити край перехрестя, обрізати вздовж цього краю після зняття негатива з кукси (рис. 3.49, а). Позначити вертикальні лінії на фронтальній і сагітальній площинах негатива. Витримати негатив на куксі до затвердіння гіпсу. Розрізати панчохи на тулубі. Обережно звільнити куксу з негатива, переміщуючи м'які тканини в зонах доступу: з боку латеральної поверхні, під пахвою. З'єднати розріз у стик за допомогою накладання відрізка вологого гіпсового бинта. Гіпсовий негатив кукси плеча показаний на рис. 3.49, б. Обрізати негатив близько до позначених контурів.

Перевірити маркування позначок гіпсового негатива, за необхідності поновити їх. Необхідно, щоб внутрішня поверхня негатива не мала перетяжок і якихось дефектів. Виміряти периметр проксимального краю негатива та зробити з 3–4 шарів гіпсового бинта лонгету відповідної довжини. Зволожити й накласти її, з'єднуючи контактні бокові поверхні негатива. Сушити гіпсовий негатив у термошафі.



а)

б)

Рисунок 3.49 – Гіпсовий негатив кукси плеча

### ***Виготовлення гіпсової моделі кукси плеча***

Обробити внутрішню поверхню негатива гіпсоізоляційним кремом або мильним розчином. Поновити позначки всередині негативного зліпка. Установити негатив у ємність із піском. Підібрати технологічну трубку, довжина якої дорівнює висоті негатива з припуском 80–100 мм. Підготувати гіпсовий розчин, заповнити ним негатив, установити технологічну трубку відповідно до орієнтації кукси, витримати до затвердіння гіпсу.

Установити технологічну трубку гіпсової моделі в пристрій для оброблення позитивів. Зняти шари бинта з моделі, розрізати й зняти негатив. Обробити поверхню гіпсової моделі плоским і напівкруглим рашпілем, знімаючи нерівності. Перевірити відповідність вимірних розмірів кукси до розмірів моделі, коригувати об'ємну форму моделі за необхідністю.

Поновити визначені на негативі лінії та позначки. На латеральній поверхні моделі позначити рівень акроміона та пахвової западини. Виміряти відстань між цими рівнями та знайти середину відстані між ними, позначити (рис. 3.50, а). Виготовити паз на глибину, що приблизно дорівнює діаметру круглого рашпіля на цьому рівні (рис. 3.50, б).

Моделювати гіпсову модель у напрямку від дистального краю до проксимального, до рівня глибини пазу (рис. 3.50, в). Формувати задньолатеральне поглиблення 3–10 мм плечової кістки залежно від наявних м'яких тканин для забезпечення протидії силам, що створюють дистальну рухомість гільзи. Зашпаклювати гіпсовим розчином раковини та нерівності. Нерівності на поверхні моделі згладити шліфувальною сіткою. Шліфувати гіпсову модель насухо та під водою. Наростити гіпсовим розчином місце кісткового дистального виступу.

На рис. 3.51 показана гіпсова модель із дорсального (а), латерального (б) та вентрального (в) боку після моделювання.

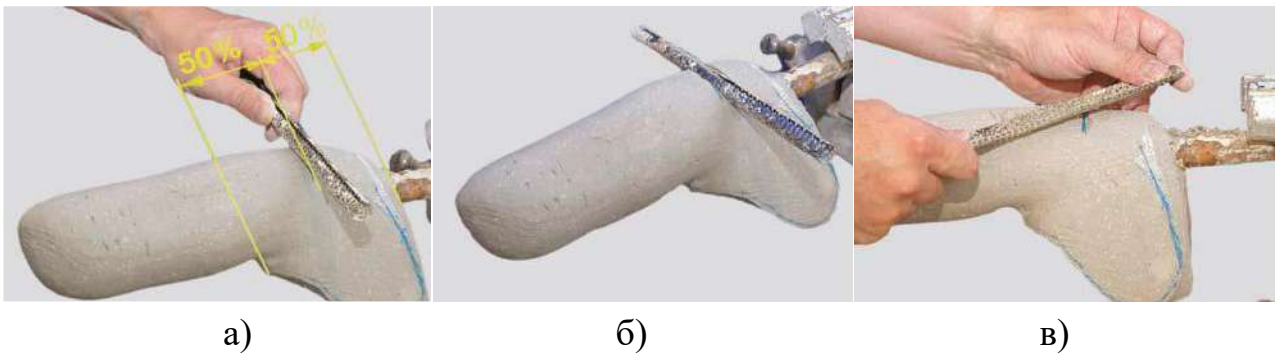


Рисунок 3.50 – Виготовлення гіпсової моделі

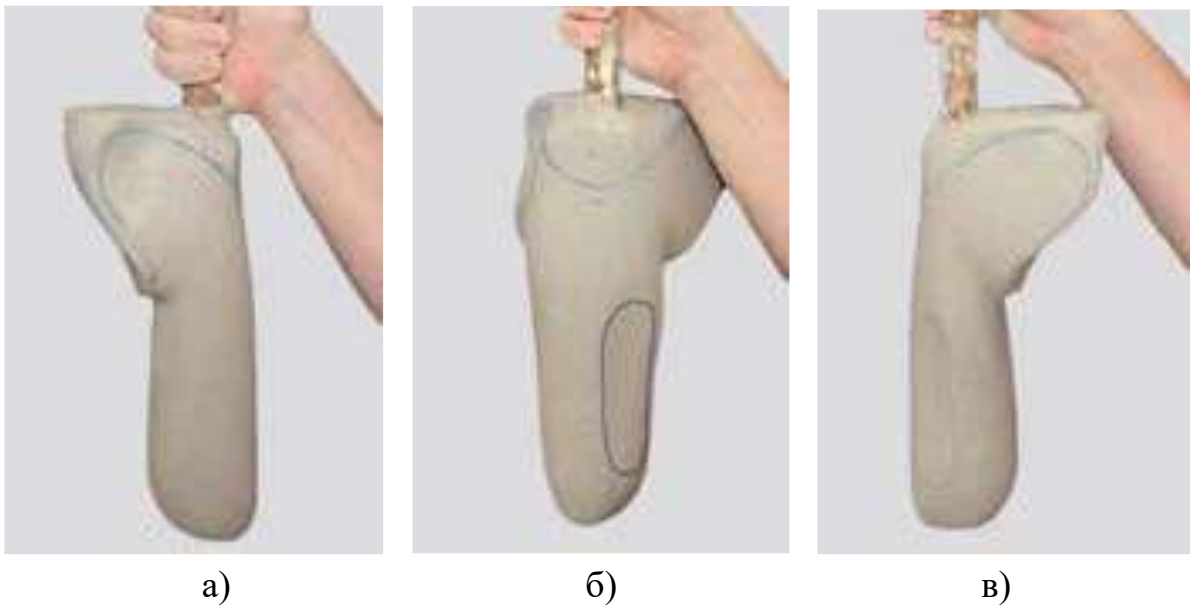


Рисунок 3. 51 – Гіпсова модель кукси плеча

### ***Виготовлення тестової контактної (внутрішньої) гільзи***

Установити тарілку для глибокої витяжки в універсальному затискному пристрої стаціонарного вакуумного посту, приєднати шланг вакуумпроводу. Установити вакуум на рівні  $-0,6 \div -0,8$  кгс/см<sup>2</sup> і увімкнути його. Розмістити гіпсову модель на тарілці для глибокої витяжки. Визначити положення з'єднувальної трубки, позначити олівцем, приєднати в цьому місці внутрішню частину шаблона для встановлення з'єднувальної трубки. З'єднувальна трубка, як правило, установлюється близько до дистального краю під 45° до подовжньої осі моделі з виходом на медіальну поверхню на долонному боці кінцівки.

Надіти на гіпсову модель нейлоновий чохол, змочений ізоляційною рідиною, для забезпечення відкачування повітря в разі глибокої витяжки. Установити зверху зовнішню частину шаблона для розміщення з'єднувальної трубки.

Закріпити пластину з термопластичного матеріалу завтовшки 8–10 мм у рамці для глибокої витяжки. Рамку для глибокої витяжки з пластиною встановити в термошафу на пристрій, що має вільний простір під матеріалом і нагрівати, доки матеріал не буде звисати на довжину, що відповідає 2/3 довжини гіпсового позитива. Температура розігріву вказана зазвичай на маркуванні матеріалу. Рамку для глибокої витяжки з розігрітим матеріалом накласти на гіпсову модель. Установити невелику величину вакууму, після глибокої витяжки пригладити матеріал до гіпсової моделі. Доцільно цю процедуру виконувати удвох: один фахівець утримує рамку з матеріалом, другий – контролює та формує руками матеріал по моделі та вмикає подачу вакууму.

Розгладити складки в напрямку вирізу для згинання. Якщо матеріал прилягає до гіпсового позитива без складок, то необхідно встановити вакуум на максимальну величину. Виконати моделювання особливих місць, а саме: уздовж лінії вирізу для згинання, на ділянці ліктьового відростка, навколо шаблону з'єднувальної трубки. Дочекатися охолодження матеріалу.

Розрізати гільзу вздовж краю в проксимальній частині. Зняти матеріал на торці шаблону з'єднувальної трубки на фрезерно-шліфувальному верстаті, прибрати шаблони, позначити межі країв гільзи. Вилучити модель із порожнини гільзи за допомогою компресора. Прагнути зберегти модель неушкодженою. У разі неможливості вилучення доведеться її зруйнувати.

Обробити краї гільзи та відполірувати їх. Надіти тестову гільзу на куксу пацієнта, за допомогою чохла для протягування тканин або після сприскування шкіри та внутрішньої порожнини гільзи антибактеріальним засобом (спреєм) з метою створення умов для сковзання кукси поверхнею гільзи, водночас звернути увагу на правильне розміщення кукси.

Контролювати розміщення кукси та прилягання м'яких тканин до поверхні гільзи. Перевірити:

- кут максимального згинання-розгинання;
- наявність дистального контакту з куксою (для запобігання венозного застою);
- відчуття пацієнта під час навантаження на торець кукси;
- відчуття пацієнта в процесі навантаження на латеральну, медіальну, дорсальну та вентральну поверхні гільзи (рис. 3.52).

Доопрацювати тестову гільзу в разі наявності локальних ділянок надмірного вільного простору в порожнині гільзи та за умови надмірного тиснення гільзи й необхідності збільшення її внутрішнього об'єму.



Рисунок 3.52 – Контроль розміщення кукси та прилягання м'яких тканин у тестовій гільзі

Приміряти гільзу, щоб переконатись, що недоліки усунені, і знову дати пацієнтові змогу випробувати тестову гільзу. Зняти тестову гільзу з кукси. Перевірити стан тканин кукси.

#### ***Виготовлення гіпсової моделі за тестовою гільзою***

Заповнити пластиліном отвір для з'єднувальної трубки тестової гільзи.

Закрити клейовою стрічкою або гіпсовими лонгетами виріз для згину та дорсальний край гільзи. Подовжити проксимальний край гільзи за допомогою гіпсового бинта, складеного в три шари вздовж периметра цього краю, витримати до затвердіння.

Обробити внутрішню порожнину тестової гільзи гіпсоізоляційним кремом або універсальним силіконовим спреєм. Приготувати гіпсовий розчин і заповнити ним ізольовану тестову гільзу, встановити технологічну трубку, витримати до затвердіння гіпсу.

Установити технологічну трубку з моделлю в лещата. Розрізати гільзу вздовж моделі та зняти її. Зашпаклювати та зашліфувати модель. Висушити гіпсову модель у термошафі.

#### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи***

#### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи з еластичних термопластичних матеріалів***

Використовувати залежно від матеріалу один із двох методів виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи:

- метод глибокої витяжки під вакуумом для пластин термопластичних матеріалів 616Т59, 616Т69 (завтовшки 8–10 мм) виробництва *Otto Bock*;
- метод формування під вакуумом зі швом склеювання (для термопластичного матеріалу 616Т112 (завтовшки 4–5 мм) виробництва *Otto Bock*). (У використанні матеріалів інших фірм необхідно зважати на рекомендації виробника щодо роботи з цим матеріалом.)

***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи методом глибокої витяжки здійснюється аналогічно операціям з виготовлення тестової гільзи***

***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи методом формування під вакуумом зі швом склеювання***

Розмістити гіпсову модель у горизонтально розташованій витяжній трубці, з'єднаній зі стаціонарним вакуумним постом. Орієнтувати модель дорсальною поверхнею до підлоги. Обробити її тальком.

Виміряти довжину моделі  $L$  (см) та її найбільший периметр  $P_{max}$  (см) для визначення розмірів листа заготовки матеріалу. Необхідно, щоб лист заготовки мав розміри:

- довжина  $L+10$  см;
- ширина  $P_{max}+4$  см.

Вирізати заготовку. Нагріти термошафу до температури, що відповідає вказаній на маркуванні матеріалу. Лист заготовки розмістити в термошафі на листі тефлону та нагрівати, доки матеріал не стане напівпрозорим та легко гнучким. Вийняти лист з термошафи удвох. Лист матеріалу накласти на гіпсову модель. З'єднати краї вздовж моделі посередині на дорсальній поверхні, притиснути їх один до одного. Поступово відкрити вакуумний клапан, пригладити матеріал до гіпсової моделі. Розгладити складки в напрямку вирізу для згинання. Якщо матеріал прилягає до моделі без складок, установити вакуум на максимальну величину. Контролювати моделювання навколо шаблону з'єднувальної трубки.

Обрізати припуск матеріалу ножем близько до поверхні гільзи. Дочекатися охолодження матеріалу. Вимкнути вакуумування. Зняти модель з витяжної трубки. Визначити та позначити на контактній гільзі місця з'єднання гільз між собою: у двох точках на 2–3 см нижче від проксимального краю на медіальній поверхні та симетрично щодо середньої лінії, на 1–1,5 см нижче від проксимального краю на латеральній поверхні та симетрично щодо середньої лінії. Розрізати гільзу вздовж краю в проксимальній частині. Краї обробити, не залишати гострими. Вилучити матеріал на торці імітатора з'єднувальної трубки та на шві зварювання.

Закріпити модель у лещатах. За допомогою електрофена прогрівати матеріал на шві та притискати його відрізком силіконового лайнера, стрічки або чимось подібним. Розігрівати електрофеном почергово місця для встановлення елементів для з'єднання гільз між собою. Закладні гайки вдавнити в основний шар матеріалу. Вирізати чотири шайби з того самого

матеріалу із зовнішнім діаметром, що дорівнює діаметру закладної шайби, і з отвором 3 мм. Розігрівати електрофеном по чергово кожен закладну шайбу та виготовлену шайбу. З'єднати їх, притискаючи відрізком силіконового лайнера чи стрічки.

Обробити ділянки матеріалу навколо закладних елементів на фрезерно-шліфувальному верстаті для вилучення зайвого матеріалу. Розігріти електрофеном зони навколо кожної закладної шайби та притиснути відрізком силіконового лайнера чи стрічки.

***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи із шаруватих пластиків здійснюється аналогічно операціям з виготовлення гільзи для протеза передпліччя***

Особливості: розташувати на другому шарі армування

- закладні зубчасті шайби (дві – на передній поверхні моделі, дві – на задній, симетрично щодо середньої лінії гіпсової моделі);
- відрізки 30x30 мм склотканини або вуглетканини за допомогою двобічної клейкої стрічки на місцях розташування закладних шайб;
- смужку скловолна на задній поверхні моделі відповідно до форми вирізу проксимального краю;
- обтягнути модель трикотажними рукавами, що залишились, закріпити їх до технологічної трубки відходами трикотажного рукава.

***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи із силіконової гумової суміші «Термосил» здійснюється аналогічно операціям з виготовлення гільзи для протеза передпліччя***

Особливості: місця розташування закладних елементів для з'єднання гільз між собою

- на 2–3 см нижче від лінії пахви та симетрично щодо середньої лінії на медіальній поверхні (два отвори);
- на 2–3 см нижче від проксимального краю та симетрично щодо середньої лінії на латеральній поверхні (два отвори);
- по центру країв крилоподібних подовжень гільзи (два отвори).

***Примірювання контактної (внутрішньої) гільзи***

Підготувати контактну гільзу з еластичних термопластичних або силіконових матеріалів для примірювання. Надіти контактну гільзу на модель.

Установити модель у горизонтально розташованій витяжній трубці, що з'єднана зі стаціонарним вакуумним постом. Орієнтувати модель медіальною поверхнею до підлоги. Обгорнути контактну гільзу харчовою плівкою для створення ізоляційного шару. Увімкнути вакуумний пост.

Виготовити за допомогою полімерного бинта зовнішній каркас для імітації зовнішньої гільзи під час примірювання способом пошарового нанесення. Розташовувати каркас на крилоподібних подовженнях гільзи та вздовж периметра, дистальніше щодо пахвової западини.

Надіти міцний поліетиленовий пакет, закріпити його під верхнім витяжним отвором двоканальної вакуумної трубки. Відкрити кран для вакуумування. Увімкнути вакуум (приблизно  $-0,5$  кгс/см<sup>2</sup>). Витримати 8–10 хв. Зняти контактну гільзу й каркас з моделі. Тимчасово з'єднати їх гвинтами.

Надіти контактну (внутрішню) гільзу протеза на кукусу пацієнта за допомогою чохла для протягування тканин кукуси. Переконавшись, що

– м'які тканини кукуси розташовуються в порожнині без надмірного здавлювання;

– відсутній тиск на пахвову западину, кісткові опили й болісні місця;

– контактна гільза щільно охоплює плече;

– гільза надійно утримується на кукусі пацієнта.

Позначити вертикальні лінії в сагітальній і фронтальній площинах за допомогою лазерного рівня. Зняти гільзу з кукуси пацієнта.

### ***Виготовлення формуючої моделі зовнішньої (несної) гільзи***

Надіти контактну гільзу на гіпсову модель. Закріпити модель у лещатах. Обгорнути поверхню контактної гільзи ПВХ-плівкою в кілька шарів, створюючи ізоляційний шар, або нагріти електрофеном і надіти ізоляційний чохол із PVC-плівки. Накласти вздовж периметра складня стрічку пористу клейку або педилен завтовшки 3–4 мм на рівні розташування закладних елементів для з'єднання гільз.

Обгорнути складень пластиною тролону (або листовим поліетиленом) завтовшки 1–2 мм, починаючи з проксимальної частини, уздовж ущільнювальної пористої стрічки у формі конуса. Знизу тролон або листовий поліетилен щільно притулити до неопренової стрічки та скріпити поліетиленовою клейкою стрічкою посередині й уздовж країв.

Приготувати в мірнику суміш із жорсткого пінопласту (педилену) та затверджувача для жорстких пінопластів у пропорції 1:1, перемішати й залити в горловину сформованого конуса. Дати піднятися спіненому матеріалу приблизно на 3/4 висоти, потім розмістити складень горизонтально для попередження утворення раковин. Витримати до затвердіння формуючої моделі.

Визначити та позначити довжину  $L$  формуютьовальної моделі (від пахвової западини контактної гільзи):

$$L = B - (h + 1),$$

де  $B$  – довжина сегмента плеча на контрлатеральній верхній кінцівці;

$(h + 1)$  – висота ліктьового вузла з припуском 1 см.

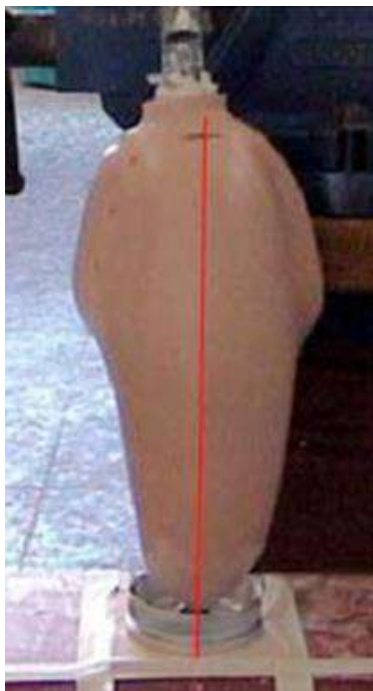
Обрізати формуютьовальну модель по довжині. Визначити та позначити середні лінії форми на фронтальній і латеральній поверхнях моделі за допомогою лазерного рівня. Закріпити нерухомо модель, переносити лазерний рівень і проєктувати його вертикальний промінь на різні площини. Обробити модель рашпілями, наближаючись до анатомічної форми, зашліфувати формуютьовальну модель шліфувальною шкуркою.

Зазвичай з метою забезпечення найбільш близького до анатомічної норми положення протеза й досягнення ефективної функціональної схеми кільце для ламінування, що позиціонує лікоть, орієнтувати:

– у сагітальній площині – перпендикулярно поздовжній середній лінії контактної гільзи крізь центр плечового суглоба;

– у фронтальній площині –  $5^\circ$ – $8^\circ$  відведення (абдукції). Орієнтиром є лінія від акроміона вздовж кукси до внутрішнього краю кільця, що в подальшому має ламінуватись.

Положення контролювати за допомогою лазерного рівня та гоніометра (рис. 3.53).



а)



б)

Рисунок 3.53 – Орієнтування кільця для ламінування:  
а – у сагітальній площині; б – у фронтальній площині

Торцеву поверхню форми доцільно виготовити за допомогою стрічково-шліфувального верстата.

Установити на дистальну торцеву поверхню формуювальне кільце, що підлягає ламінуванню, визначити його положення, маркувати його максимальний діаметр на торцевій поверхні. Звести формуювальну модель нанівець до маркованого контура, враховуючи схему побудови протеза. Зняти контактну гільзу з гіпсової моделі разом із формуювальною. Приміряти контактну гільзу з формуювальною на пацієнті.

Приєднати до дистального краю кільце ліктьового вузла й сам вузол, закріпити їх за допомогою клейкої лляної стрічки. Надіти прототип протеза на куксу пацієнта за допомогою чохла для протягування, зафіксувати стабільне положення за допомогою тимчасових елементів кріплення із ремінної стрічки.

Контролювати за допомогою лазерного рівня:

- горизонтальне положення кільця для ламінування, що позиціонує ліктьовий вузол;

- симетричне положення рівнів анатомічного ліктя та штучного вузла, орієнтуватись на ліктьовий відросток (*olecranon*) та край ліктьового вузла, що розташований у положенні флексії не менше ніж 90°;

- передньо-заднє (*anterior-posterior*) та середньо-латеральне (*medial-lateral*) положення кільця для ламінування з метою забезпечення функціонально вигідного положення модуля передпліччя та кисті.

Зняти з кукси контактну гільзу з формуювальною моделлю. Надіти контактну гільзу на гіпсову модель. За необхідності коригувати формуювальну модель відповідно до форми й довжини.

### ***Виготовлення гіпсової моделі гільзи передпліччя***

Створення індивідуальної гільзи передпліччя до протеза плеча з тяговим керуванням здійснюється в разі використання конструкцій ліктьових вузлів, в яких відсутній штучний сегмент передпліччя.

Виготовити за допомогою форми-шаблону (рис. 3.54, *a*) гіпсову модель гільзи передпліччя. Обробити внутрішню поверхню форми-шаблону гіпсоізоляційним кремом або вазеліном. Підготувати гіпсовий розчин. Залити форму-шаблон гіпсовим розчином, установити в її проксимальний край технологічну трубку таким чином, щоб мати змогу в подальшому розмістити пристрій для паралельного та співосьового встановлення шин на гіпсовій моделі гільзи передпліччя. Витримати до затвердіння гіпсу.

Зняти форму-шаблон з виготовленої моделі. Моделювати на проксимальній частині позитива пази під шини й пристрій для їх паралельного та співосьового встановлення (рис. 3.54, б). Від'єднати гвинти, що фіксують шини на корпусі ліктьового вузла (рис. 3.54, в). Приєднати шини до пристрою для паралельного та співосьового встановлення з метою визначення необхідності подальшого доопрацювання моделі, зняти шини. Моделювати пази під шини на моделі за допомогою стамески. Скоректувати довжину гільзи та розміри дистального краю відповідно до розмірів збереженої кінцівки й зовнішнього діаметра кільця променезап'ясткового вузла. Відшліфувати й висушити гіпсову модель.

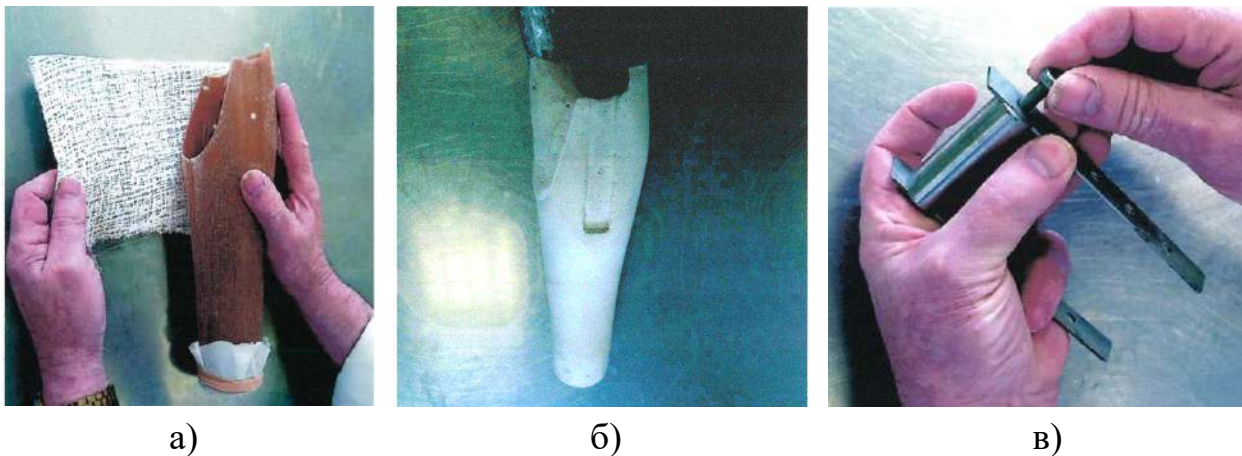


Рисунок 3.54 – Виготовлення гіпсової моделі гільзи передпліччя

### ***Індивідуальне виготовлення гільзи передпліччя методом ламінування***

Установити модель на вакуумну установку (рис. 3.55, а). Виготовити внутрішній ізоляційний чохол.

Натягнути зволожений чохол на гіпсову модель. Щільно розправити чохол на моделі й герметично зав'язати на трубіці вакуумної установки за допомогою гумової стрічки.

Відкрити відповідний кран вакуумної установки. Тиск має дорівнювати  $0,6 \div -0,8 \text{ кг/см}^2$ . Моделювати місце для пристрою з метою паралельного та співосьового встановлення шин (рис. 3.55, б). Перевірити відсутність складок на плівці й герметичність ізоляції. Обрізати залишки чохла нижче від рівня герметизації ножицями.

Відрізати трикотажний чохол із перлону або нільгласу подвійної довжини гільзи з припуском, надіти його на модель та закріпити за допомогою затискача біля дистального краю. Зав'язати трикотажний чохол під складнем так, щоб можна було встановити пристрій.

Викроїти та вирізати з вуглетканини (склотканини) або стрічки 616В2 елементи для армування:

Елементи № 1, 2 – стрічку завширшки 5–6 см і завдовжки відповідно до моделі на передній та задній поверхнях (по 2 шт.). Елемент № 3 – стрічку завширшки 3–4 см й завдовжки відповідно до периметра моделі в дистальній частині кількістю 2 шт. Елемент № 4 – стрічку завширшки 4–5 см і завдовжки відповідно до периметра моделі в проксимальній частині (2 шт.).

Установити на першому шарі трикотажного рукава у вигляді рамкової конструкції один шар елементів № 1–4 за допомогою двобічної клейкої стрічки:

- на передній та задній поверхнях уздовж моделі;
- по периметру дистального та проксимального країв.

Надіти другий шар трикотажного рукава, закріпити під моделлю.

Вигнути шини відповідно до форми гіпсової моделі. Установити в пази гіпсової моделі пристрій із шинами й надійно закріпити їх гвинтами (рис. 3.55, в).

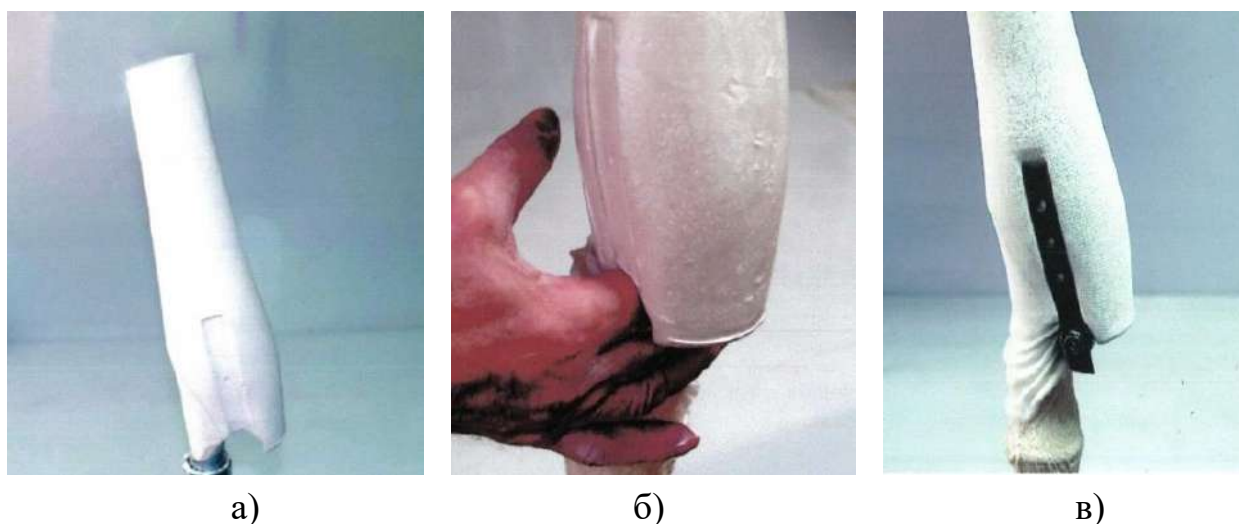


Рисунок 3.55 – Виготовлення гіпсової моделі гільзи передпліччя методом ламінування

Надіти третій шар трикотажного рукава, закріпити його під складнем. Установити у вигляді рамкової конструкції другий шар елементів № 1–4 за допомогою двобічної клейкої стрічки:

- на латеральній і медіальній поверхнях уздовж моделі;
- по периметру дистального та проксимального країв.

Надіти четвертий і п'ятий шари трикотажного рукава, закріпити їх під складнем.

Виготовити зовнішній ізоляційний чохол. Натягнути вологий чохол на модель, розправити зморшки та ізолювати на трубці вакуумної установки.

Приготувати необхідну кількість в'язкої речовини й залити її у верхній отвір чохла. Зав'язати отвір чохла та увімкнути другий канал вакуумної установки. Рівномірно розподілити смолу по всій поверхні складня (рис. 3.56, а). Витримати модель до повної полімеризації смоли й вимкнути насос. Зняти заготовку гільзи з вакуумної трубки.

Закріпити складень у лещатах і позначити контури гільзи передпліччя на її проксимальній частині:

- на передній поверхні гільзи – U-подібний виріз, як на багаторазовому шаблоні-формі для виготовлення гільзи передпліччя;
- на задній поверхні – виріз на рівні країв шин;
- по боках – під головками болтів пристрою.

Обрізати гільзу за визначеним контуром (рис. 3.56, б). Від'єднати від шин пристрою. Вилучити гіпс і зняти ізоляційні чохла. Зашліфувати контури гільзи. Зовнішній вигляд гільзи передпліччя зображений на рис. 3.56, в.

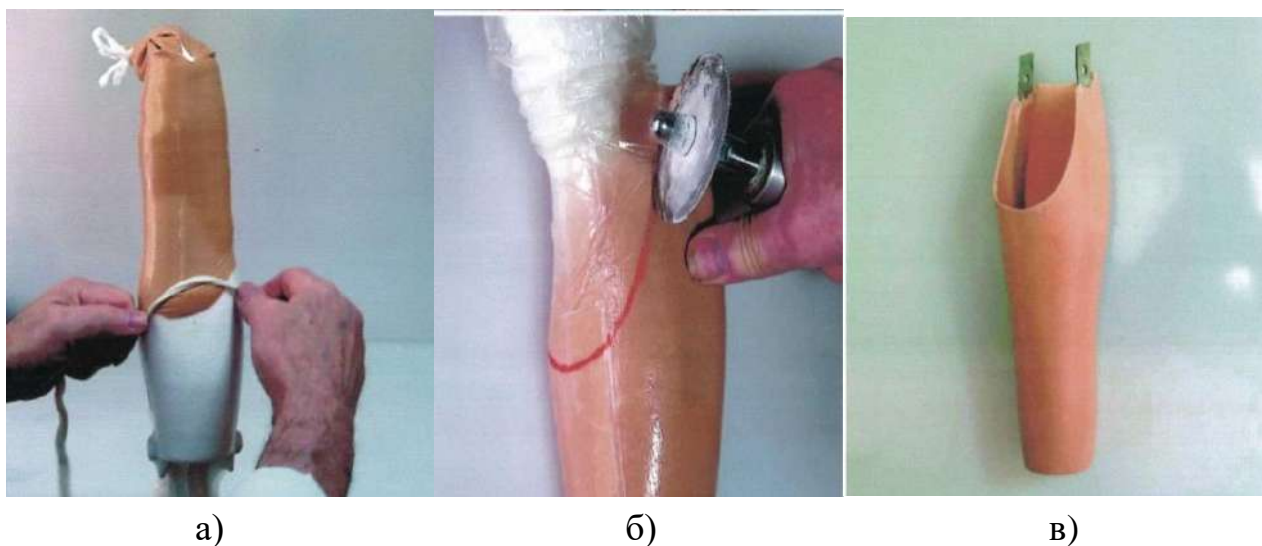


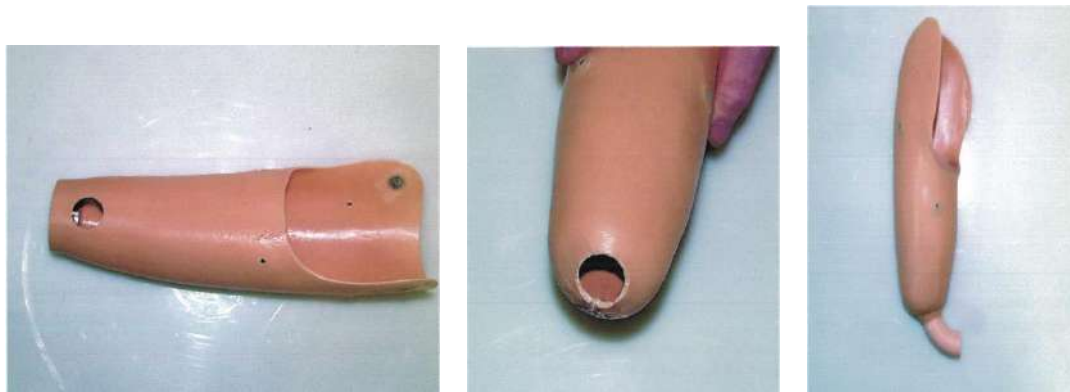
Рисунок 3.56 – Виготовлення гіпсової моделі гільзи передпліччя методом ламінування

### ***Попереднє складання протеза***

Уставити внутрішню гільзу в несну. З внутрішнього боку внутрішньої гільзи крізь отвори закладних елементів позначити на несній гільзі розташування отворів під гвинти кріплення. Роз'єднати гільзи й просвердлити отвори. Відновити різьбу в закладних елементах внутрішньої гільзи.

Позначити на несній гільзі місце розташування з'єднувальної трубки. Розсвердлити отвір до  $\varnothing 24$  мм (рис. 3.57, а). Уставити внутрішню гільзу в несну. Розмістити з'єднувальну трубку в отворі несної гільзи й позначити місце розташування трубки на приймальній гільзі. Розібрати гільзи.

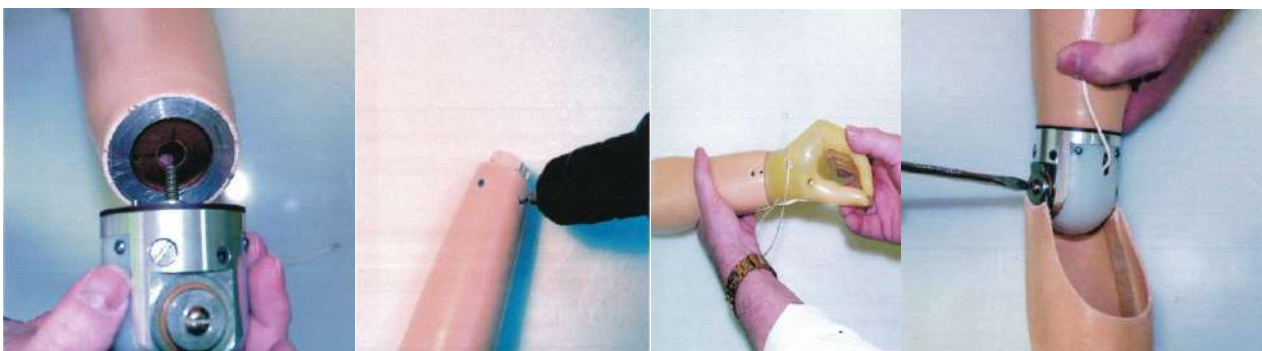
Просвердлити отвір Ø 24 мм під з'єднувальну трубку у внутрішній гільзі (рис. 3.57, б). Вставити внутрішню гільзу в несну. Вставити з'єднувальну трубку. Позначити частину трубки, що виступає за контур несної гільзи й відрізати її. Зафіксувати положення з'єднувальної трубки з боку внутрішньої порожнини несної гільзи за допомогою термосмоли (рис. 3.57, в). Із зовнішньої поверхні цією композицією фіксувати кільце для вакуумного клапана.



а) б) в)

Рисунок 3.57 – Попереднє складання протеза

Приєднати ліктьовий вузол до кільця, ламінованого в гільзі, відповідно до конструкції та рекомендацій виробника (рис. 3.58, а). Установити в дистальний отвір гільзи передпліччя променезап'ястковий вузол, тимчасово зафіксувати його (рис. 3.58, б). Приєднати кисть / гачок за конструкцією променезап'ясткового вузла (рис. 3.58, в). Приєднати гільзу передпліччя до ліктьового вузла, з'єднавши гвинтами шини й корпус (рис. 3.58, г).



а) б) в) г)

Рисунок 3. 58 – Попереднє складання протеза

### ***Виготовлення та припасування биндажа керування протезом***

Виготовлення системи керування захватними пристроями протеза далі описано на прикладі застосування биндажа 21A35 виробництва фірми *Otto Bock*.

Доцільно виготовляти бандаж (рис. 3.59, *a*), що з допомогою рухів плечового пояса, здійснюваних пацієнтом, забезпечує

- керування захватними пристроями протеза;
- керування замиканням / розмиканням ліктювого вузла;
- піднімання / опускання передпліччя.

Зняти пряжку 21Y195=25 з одного краю стрічки, що має бути під пахвою, та з кільця 21Y194, надіти на цю стрічку захисний силіконовий чохол 21A29.

Закріпити цей край стрічки навколо кільця у зворотному порядку (рис. 3.59, *б*).

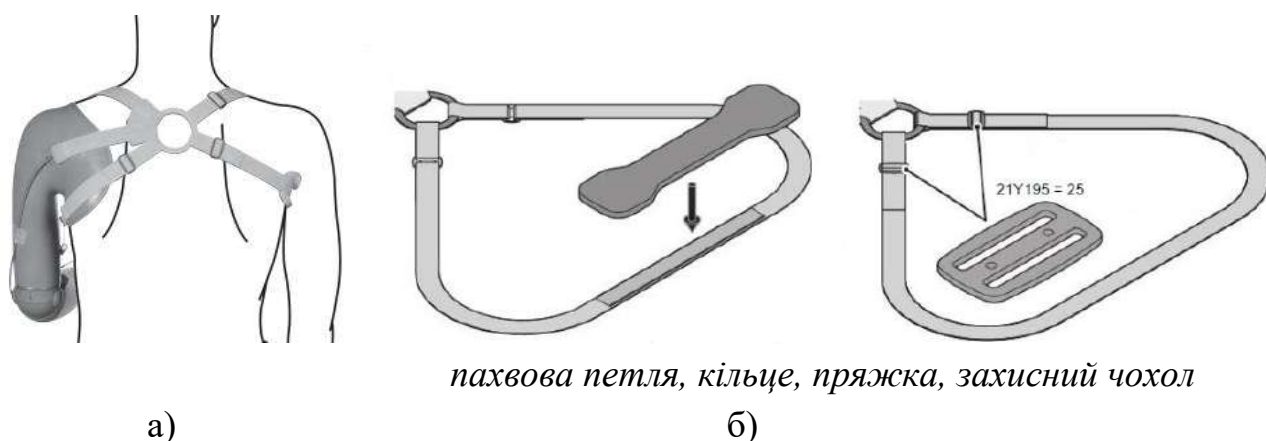


Рисунок 3.59 – Виготовлення бандажа

Надіти протез на куксу пацієнта за допомогою чохла для протягування тканин. Розташувати петлю зі стрічки (рис. 3.60, *a*) під пахвою, що протилежна ураженому боку, захисний чохол має розташовуватися по її центру. Розмістити кільце між лопатками на лінії хребта й на рівні нижньої третини лопатки (рис. 3.60, *a*). Коригувати довжину ремінця пахвової петлі, обрізати залишкову частину. Зняти бандаж. Оплавити край стрічки.

Відміряти необхідну довжину еластичної стрічки тяги кисті до місця пахвової западини на фронтальній поверхні зовнішньої гільзи позаду (*posterior*) (рис. 3.60, *б*) Це місце для встановлення утримувача тяги кисті. Обрізати еластичну стрічку по довжині, але водночас не ушкодити й не обрізати саму тягу.

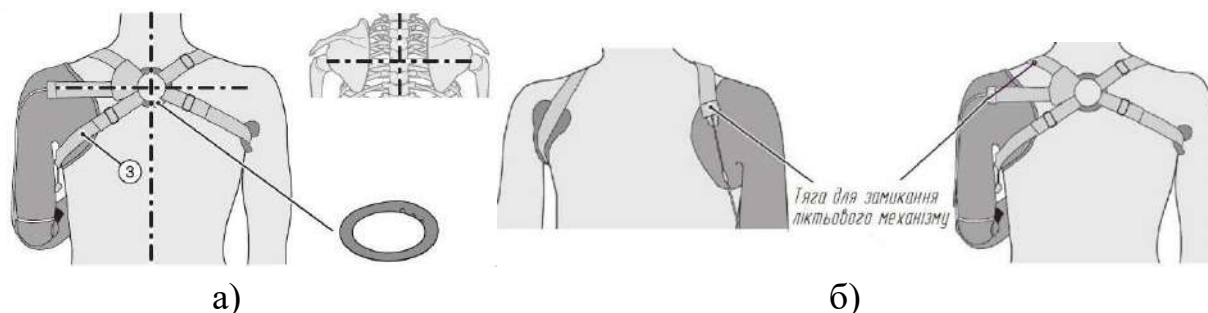


Рисунок 3.60 – Виготовлення бандажа

Відміряти необхідну довжину еластичної стрічки тяги замикального механізму ліктьової латеральної шини до місця розташування ключично-пекторального трикутника на фронтальній поверхні зовнішньої гільзи спереду (*anterior*). Це місце для встановлення утримувача тяги замикального механізму ліктьової шини. Обрізати еластичну стрічку по довжині, але водночас не ушкодити й не обрізати саму тягу.

Позначити на зовнішній гільзі місця отворів для приєднання утримувачів.

Зняти протез із кукси. Роз'єднати гільзи. За позначками свердлити отвори  $\varnothing 5,0$  мм. Приєднати утримувачі за допомогою гвинтів *M4* та установчих гайок *M4*. З'єднати гільзи. Оплавити за допомогою запальнички край еластичної стрічки, закріпити його в утримувачі фіксатором відповідно до рисунка.

Визначити та позначити місце розташування напрямної тяги (рис. 3.61, *a*): на середній лінії передньо-латеральної поверхні на 5–6 см дистальніше від проксимальної лінії гільзи передпліччя, що забезпечує згинання протеза в лікті.

Роз'єднати гільзи. Просвердлити на визначеному місці отвір  $\varnothing 5,0$  мм. Приєднати напрямну тягу за допомогою гвинта *M4* та установчої гайки *M4*. З'єднати гільзи. Визначити та позначити на передньо-медіальній поверхні гільзи передпліччя біля її проксимального краю три отвори Г-подібно один до одного для кріплення тяги піднімання. Просвердлити гільзу  $\varnothing 2,5$  мм на визначених місцях.

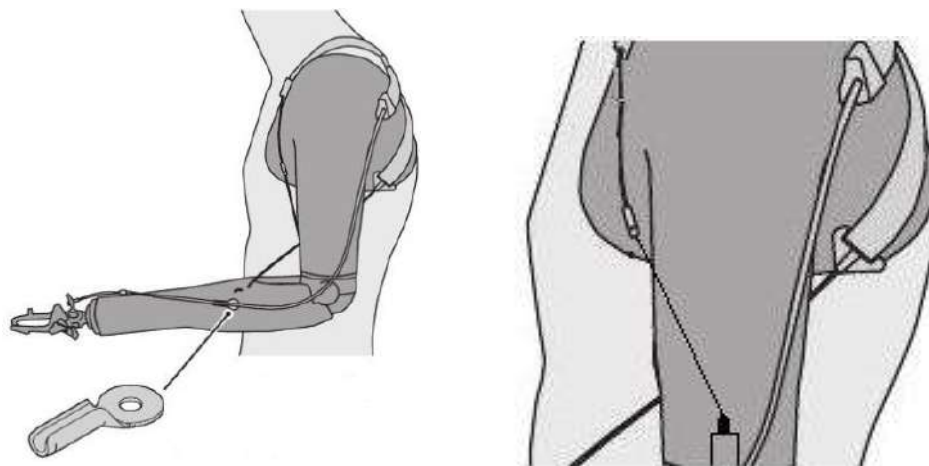
Надіти протез із бандажем.

Визначити на тязі замикального механізму ліктьового вузла розташування перехідника (з перлонового кабелю на металевий трос або на шнур) на фронтальній поверхні спереду (рис. 3.61, *b*). Доцільно передбачати його встановлення трохи нижче від пахвової западини.

Обрізати тягу ліктьового вузла та тягу бандажу на рівні передбачуваного встановлення перехідника. Приєднати на металевий кабель частину перехідника, з'єднати їх за допомогою оснащення для обжимання. Приєднати на перлоновий кабель частину перехідника, з'єднати їх по різьбі.

Здійснювати керувальні рухи (рис. 3.62, *a*) та поступово обрізати по довжині перлоновий кабель до моменту досягнення стабільного замикання ліктьового вузла та його розфіксації. За необхідності скорочувати тягу з боку перехідника на перлоновому кабелі його повторним приєднанням.

Просунути тягу для піднімання передпліччя в підготовлені отвори та встановити фіксатор, як зображено на рис. 3.62, *b*. Напружити тягу, скорочуючи її по довжині переміщенням фіксатора в положенні екстензії в лікті. Зняти протез.



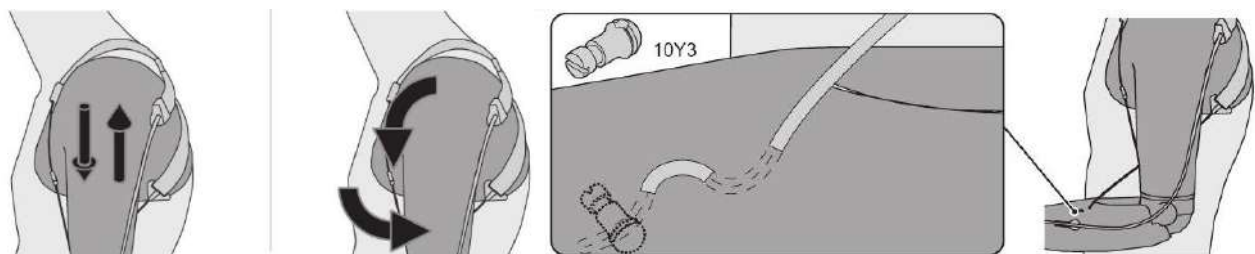
*напрямна тяги*

*перехідник для тяги*

а)

б)

Рисунок 3.61 – Виготовлення бандажа



*рухи керування тягою  
замикального механізму  
ліктьової шини*

а)

б)

Рисунок 3.62 – Виготовлення бандажа

Установити спіральну оболонку в напрямну за допомогою спіральної гайки. Просунути тягу в спіральну оболонку, загвинтити її в утримувач, трохи повернувши її проти ходу годинника. Позначити місце обрізання спіральної оболонки, орієнтуючись на край напрямної, зняти оболонку з тяги кисті, обрізати та встановити.

Позначити на гільзі орієнтир для з'ясування довжини кабелю тяги кисті бандажа на відстані 5 см дистальніше щодо напрямної та на одній лінії з її напрямком. Це орієнтир для місця розташування переривника на тязі кисті.

Надіти протез із бандажем.

Натягнути кабель тяги кисті до орієнтира на гільзі, перенести на тягу позначку для положення переривника, обрізати тягу на місці позначки.

На край тяги бандажа нагвинтити корпус з'єднувача. Приєднати до корпусу з'єднувача сферичний фіксатор.

Натягнути кабель тяги кисті (або функціонального захвату – гачка) в напрямку тяги бандажа, позначити на ній місце для встановлення сферичного фіксатора. На край тяги кисті (або функціонального захвату – гачка) нагвинтити сферичний фіксатор.

Апробувати функціонування протеза.

Для функціонування захватного пристрою пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- двобічну абдукцію лопаток (відведення) в комбінації з флексією плеча для розкриття захватного пристрою (рис. 2.36, а);
- двобічну аддукцію лопаток (приведення) в комбінації з екстензією плеча для закриття захватного пристрою (рис. 2.36, б).

За необхідності коригувати довжину кабелю кисті (або гачка) та стрічок бандажа.

Для функціонування замикання / розмикання замкового механізму шини пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- депресію (опускання) та елевацію (підйом) лопатки (надпліччя) на боці з ураженою структурою (рис. 2.37, а) або
- альтернативний рух: екстензію (розгинання) плеча в поєднанні з рухом лопатки (надпліччя) вперед (рис. 2.37, б).

Для згинання / опускання протеза в лікті пацієнт має здійснювати рухи плечовим поясом:

- флексію плеча (рис. 2.38, а);
- екстензію плеча (рис. 2.38, б).

За результатом первинної апробації керуванням протезом провести необхідні коригування кабелів і ременів бандажа.

### ***Примірювання та остаточне складання протеза***

Надіти протез на пацієнта. Переконатись, що

- м'які тканини кукси розташовуються в порожнині без надмірного здавлювання;
- відсутній тиск на кісткові опори й болісні місця;
- верхній контур внутрішньої гільзи не перешкоджає руху в плечовому суглобі (для конструкції динамічної гільзи);
- гільза утримується на куксі пацієнта.

Перевірити взаємне розташування складників протеза, а саме:

- положення кисті (має відповідати фізіологічному положенню кисті збереженої кінцівки);

- рухомість ліктьового вузла;
- довжину протеза;
- довжину та розміщення елементів бандажа.

Контролювати можливість пацієнта керувати протезом. За необхідності коригувати складники бандажа. Спостерігати за станом кукси, за потреби коригувати індивідуальну частину протеза – приймальну гільзу.

Зняти протез із пацієнта.

За необхідності надіти косметичну оболонку на формоутворювальну оболонку кисті (кисть має бути приєднана до протеза):

- розігріти косметичну оболонку кисті в термошафі;
- обробити внутрішню поверхню оболонки антибактеріальним спреєм;
- надіти косметичну оболонку на кисть протеза поступово, відкриваючи механізм та направляючи пальці.

Якщо необхідно, зафіксувати адаптери на кінцевих пристроях за допомогою клею. Гвинти, що приєднують утримувачі тяг, приклеїти, щоб уникнути небажаної рухомості.

### ***Особливості технології виготовлення пасивного (косметичного) протеза плеча***

Виготовлення косметичного протеза плеча здійснюється відповідно до технологічних операцій створення протеза плеча функціонального. Однак

- 1) виготовлення гільзи передпліччя не здійснюється;
- 2) попереднє складання протеза не виконується.

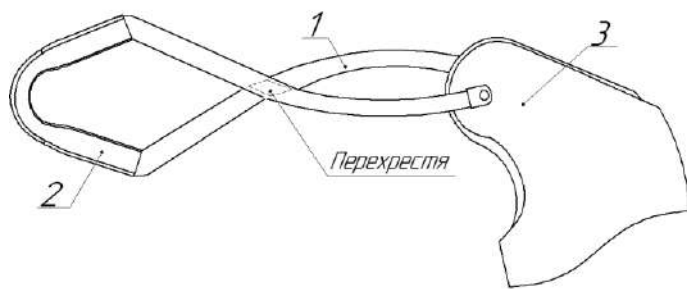
Вставити внутрішню гільзу в несну. З внутрішнього боку внутрішньої гільзи крізь отвори закладних елементів позначити на несній гільзі розташування отворів під гвинти кріплення. Роз'єднати гільзи й просвердлити ці отвори. Відновити різьбу в закладних елементах внутрішньої гільзи.

Позначити на несній гільзі місце розташування з'єднувальної трубки. Розсвердлити отвір до Ø 24 мм. Вставити внутрішню гільзу в несну. Розмістити з'єднувальну трубку в отворі несної гільзи й позначити місце розташування трубки на приймальній гільзі. Розібрати гільзи. Просвердлити отвір Ø 24 мм під з'єднувальну трубку у внутрішній гільзі. Вставити внутрішню гільзу в несну. Вставити з'єднувальну трубку. Позначити частину трубки, що випинає за контур несної гільзи, і відрізати її. Зафіксувати положення з'єднувальної трубки з боку внутрішньої порожнини несної гільзи за допомогою термосмоли. Із зовнішньої поверхні цієї композицією зафіксувати кільце для вакуумного клапана.

Приєднати ліктьовий вузол до кільця, що ламіноване в гільзі, відповідно до рекомендацій виробника.

Надіти протез за допомогою спеціального чохла для розміщення тканин кукси. Закріпити приймальну гільзу на пацієнтові за допомогою кріплення (бандажа), який може бути різних конструкцій:

- бандаж «вісімка» без підвіски (рис. 3.63, а);
- типорозмірний еластичний бандаж на плечовий суглоб, щоб утримати протез на кінцівці (рис. 3.63, б).



а)

б)

Рисунок 3.63 – Кріплення косметичного протеза плеча:

а – бандаж «вісімка»:

- 1 – ремінець з гумової подвійної ремінної стрічки;
- 2 – чохол запобіжний; 3 – зовнішня (несна) гільза плеча;

б – типорозмірний еластичний бандаж

Виготовити бандаж «вісімка» без підвіски:

- відміряти необхідну довжину ремінної стрічки завширшки 25 мм (поз. 1): від переднього проксимального краю зовнішньої гільзи (поз. 3) через надпліччя на ураженому боці, місце розташування II і III грудних хребців, через нижню третину лопатки на контрлатеральному боці, пахву, надпліччя до заднього проксимального краю зовнішньої гільзи. Обрізати виміряну стрічку на визначеній довжині;

- затискачем скріпити стрічку на перехресті у два шари, позначити лінії їх перехрещення;

- зняти протез із пацієнта;

- краї стрічки обгорнути з двох боків відрізками шкіри розміром 30x65 мм, приклеїти, закруглити краї ножицями;

- прошити за допомогою швейної машини з'єднання шкіри та стрічки по периметру вздовж краю на відстані 1–2 мм;

- надіти на стрічку чохол запобіжний (поз. 2) для розташування під пахвою;

– прошити перехрестя на ремінці гумової стрічки (в точці 1) за позначками перехрещення;

– виготовити отвори по центрах елементів зі шкіри (поз. 1) розміром, що відповідає розміру заклепок за допомогою пробійника.

Свердлими отвори в зовнішній гільзі Ø 5,5 мм у місцях приєднання бандажа. В отвори встановити гайки М4х9. За допомогою гвинтів приєднати бандаж.

Надіти протез на пацієнта. Приєднати променезап'ястковий вузол / адаптер та штучну кисть. Перевірити відповідність рівнів розташування ліктьового відростка контрлатеральної руки й ліктьового вузла протеза.

Надати протезу 90° флексії в ліктьовому вузлі та збереженій руці.

Оцінювати рівні ліктів у фронтальній площині зі спини пацієнта вздовж горизонтального променя лазерного рівня, розташованого під ліктьовим відростком (*olecranon*). Водночас контролювати симетричність рівнів надпліч.

За необхідності коригувати довжину сегмента плеча протеза способом переміщення / обрізання довжини трубчастого модуля плеча.

Повторно оцінювати положення ліктів. Перевірити відповідність рівнів розташування кисті контрлатеральної руки та штучної кисті протеза. Надати природне положення екстензії в лікті протеза та збереженій руці.

Оцінювати рівні кистей у фронтальній площині спереду вздовж горизонтального променя лазерного рівня, що розташований під великим пальцем. Водночас контролювати симетричність рівнів надпліч. Рекомендовано розраховувати довжину протеза меншу, ніж збережена кінцівка на 1–2 см з метою досягнення більшої ергономічності.

Якщо необхідно, коригувати довжину сегмента передпліччя протеза способом переміщення / обрізання довжини трубчастого модуля передпліччя.

Повторно оцінювати положення кистей. Зняти протез із пацієнта.

### ***Остаточне складання***

Від'єднати штучну кисть та променезап'ястковий вузол / адаптер від протеза. Зафіксувати гвинтові з'єднання складників каркаса за допомогою клею для різьбових з'єднань.

Виконати косметичне облицювання протеза.

Допускається використання заготовки для косметичного облицювання серійного виробництва. Приклад зовнішнього вигляду заготовки наведено на рис. 3.64.



Рисунок 3.64 – Зовнішній вигляд заготовки 15K10  
для косметичного облицювання виробництва фірми *Otto Bock*

Вирізати заготовку еластичного пінополіуретану на основі поліефіру П-220, що має розмір у поперечному перерізі 100x100 мм або 120x120 мм і завжовжки дорівнює довжині каркаса протеза з припуском 30–50 мм. Розрізати заготовку вздовж посередині одного боку, прорізаючи на половину товщини, або навпіл. Усередині заготовки вирізати порожнину під каркас протеза.

Надіти заготовку на каркас протеза, розрізані поверхні з'єднати за допомогою клею. Приклеїти пінополіуретан до кільця (рис. 3.65, а), що має фіксуватися на кільцевому ламінованому адаптері. Обробити заготовку з пінополіуретану відповідно до форми сегментів верхньої кінцівки, індивідуально. Відміряти й відрізати нейлоновий трикотажний чохол тілесного кольору подвійної довжини косметичної оболонки з припуском 80–100 мм. Зафіксувати кільце на кільцевому ламінованому адаптері.

Надіти нейлоновий трикотажний чохол тілесного кольору на каркас протезу в облицюванні. Прив'язати до кільця, що має фіксуватись на кільцевому ламінованому адаптері, чохол посередині виміряної довжини за допомогою шнура. Обидва шари чохла натягнути вздовж каркаса в облицюванні.

Приєднати штучну кисть та променезап'ястковий вузол / адаптер від протеза за посередництвом спеціального кільця.

Закріпити краї чохла за допомогою шнура на проточці спеціального кільця (рис. 3.65, б).

Зафіксувати гвинтові з'єднання променезап'ясткового вузла / адаптера за допомогою клею для різьбових з'єднань.

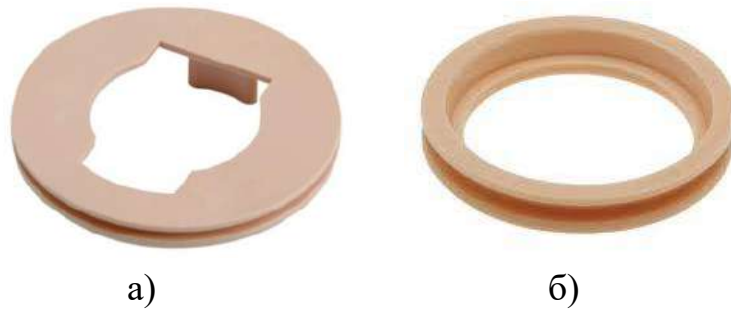


Рисунок 3.65 – Кільця для виготовлення косметичного облицювання

У разі необхідності надіти косметичну оболонку на формуювальну оболонку кисті таким чином:

- розігріти косметичну оболонку кисті в термошафі;
- обробити внутрішню поверхню оболонки антибактеріальним спреєм;
- надіти косметичну оболонку на кисть протеза поступово, відкриваючи механізм і направляючи пальці.

### 3.2.4 Технологія виготовлення пасивного (косметичного) протеза після вичленення плеча

Протез призначений для пацієнтів різного віку унаслідок вичленення плеча з метою імітації природного вигляду верхньої кінцівки.

Протез складається із внутрішньої (контактної) гільзи, зовнішньої (несної) гільзи, плечового вузла, ліктьового вузла, кисті косметичної, кріплення протеза й косметичної оболонки (рис. 3.66).

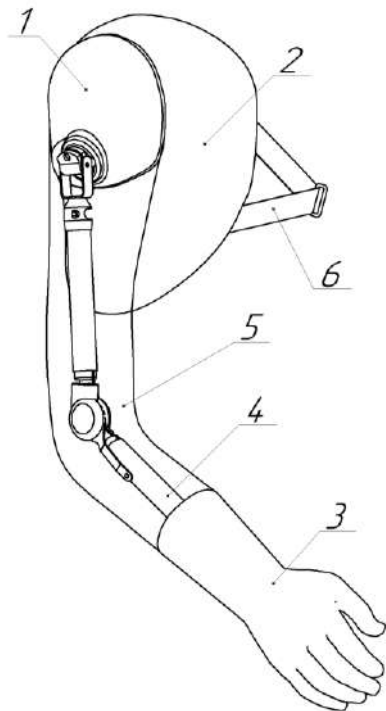


Рисунок 3.66 – Зовнішній вигляд косметичних протезів після вичленення плеча:

- 1 – зовнішня (несна) гільза;
- 2 – контактна (внутрішня) гільза;
- 3 – кисть косметична; 4 – ліктьовий вузол;
- 5 – косметичне облицювання; 6 – биндаж

### ***Виготовлення гіпсової моделі***

Оглянути пацієнта. З допомогою зовнішнього огляду та пальпації виявити наявність випнутих опилів кісток, болісні місця. Визначити необхідний захват грудної клітки, збережені частини лопатки та ключиці.

Заміряти за допомогою сантиметра й додати в бланк замовлення параметри здорової кінцівки:

- довжину кісті, *A*;
- довжину передпліччя, *B*;
- довжину плеча, *B*;

– периметри кінцівки на рівні п'ястних кісток, променезап'ясткового суглоба, максимальний периметр передпліччя, периметр плеча над виростками ліктьового суглоба, периметр плеча на рівні середньої третини, периметр плеча на рівні пахви (рис. 3.67).

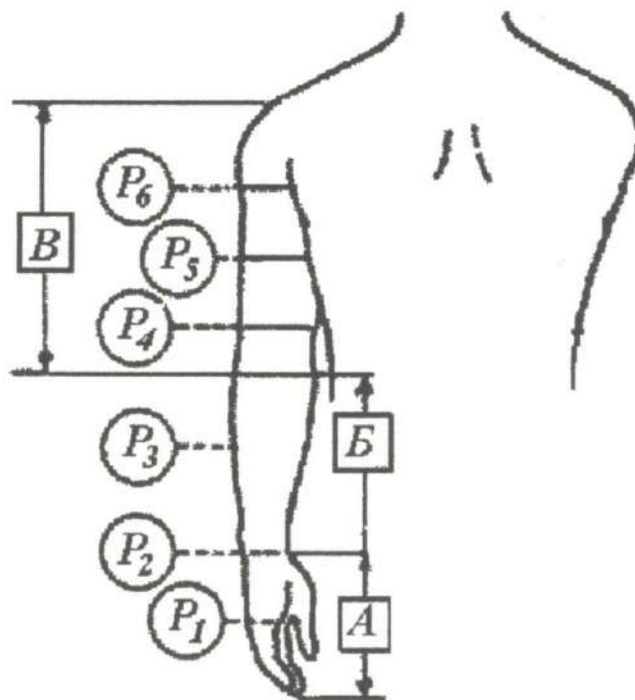


Рисунок 3.67 – Знімання мірок

Визначити необхідну довжину лонгети для формування негатива (рис. 3.68, *a*). Виготовити з 5–7 шарів гіпсового бинта лонгети необхідної довжини. Змастити тіло пацієнта гіпсоізоляційним кремом. Зволожити лонгети та накласти їх без натягу на тіло. Моделювати негатив внутрішньої приймальної гільзи. Позначити контур негатива олівцем (рис. 3.68, *б*). Обрізати негатив за цим контуром. Перевірити правильність форми змодельованого негатива (рис. 3.68, *в*).

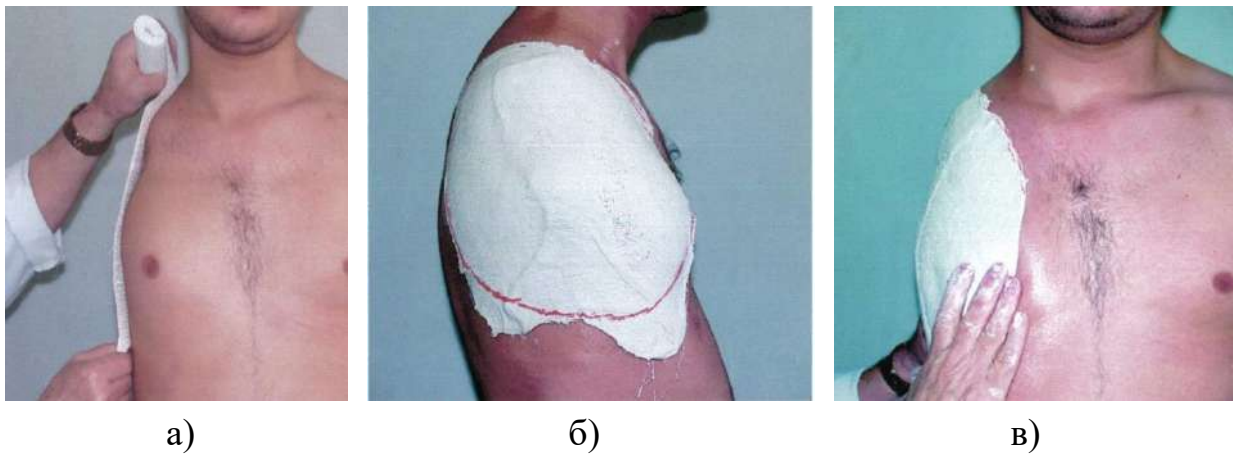


Рисунок 3.68 – Виготовлення гіпсового негатива

Висушити негатив. Нанести на його внутрішню поверхню тальк для легкого зняття з гіпсової моделі. Підготувати негатив до заливання, для цього закрити порожнину шарами гіпсового бинта (рис. 3.69, *а*). Висушити негатив. Приготувати гіпсовий розчин і заповнити ним негатив. Вставити в гіпсовий розчин технологічну трубку. Після повного застигання гіпсу звільнити модель від шарів гіпсових бинтів.

Накласти гіпсовий розчин на місця кісткових виступів (ключиці, акроміона, ості лопатки) для запобігання на них тиску гільзи. Під час моделювання врахувати необхідність щільного контакту в місцях розташування м'язових структур (у ділянках підостьового, великого грудного й трапецієподібного м'язів). Гіпсовим розчином сформувати імітатор внутрішньої порожнини адаптера вузла плеча на рівні пахви та на її середній лінії латеральної поверхні моделі (рис. 3.69, *б*). Вирівняти й відшліфувати гіпсову модель. Висушити модель.

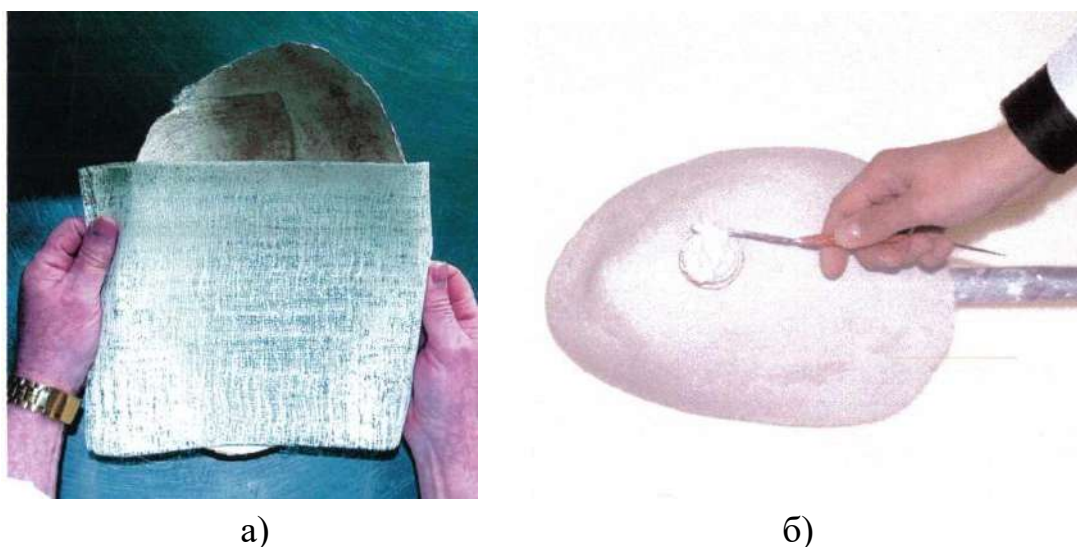


Рисунок 3.69 – Виготовлення гіпсової моделі

## ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи із шаруватих пластиків***

Установити модель на вакуумну установку. За розмірами моделі підібрати необхідний типорозмір ізоляційних чохлів або виготовити чохол власноручно. Зволожити чохол. Перевірити внутрішній ізоляційний чохол на герметичність. Обробити внутрішню поверхню чохла тальком. Натягнути чохол на модель. Щільно розправити чохол на моделі й герметично зав'язати на трубці вакуумної установки за допомогою гумової стрічки. Відкрити відповідний кран вакуумної установки. Тиск має дорівнювати  $0,6 \div -0,8$  кг/см<sup>2</sup>. Перевірити відсутність складок на плівці й герметичність ізоляції. Обрізати залишки чохла нижче від рівня герметизації.

Визначити кількість і розміри армувальних чохлів відповідно до матеріалу (насамперед його щільності), розмірів гіпсової моделі, необхідною товщиною та міцністю гільзи. Перший шар виготовити з фільц дакрону, усі наступні – з рукава трикотажного. Надіти армувальні чохла на гіпсову модель:

- перший шар з фільц дакрону (відповідно до форми моделі);
- другий – половина вимірної довжини чохла з трикотажного рукава;
- третій – друга половина рукава, закріпити шари армування до технологічної трубки під моделлю відходами еластичного рукава.

Визначити та позначити на контактній гільзі місця з'єднання гільз між собою та їх кількість: уздовж усього периметра на 2–3 см нижче від проксимального краю через 13–17 см.

Розташувати на другому шарі армування:

- закладні зубчасті шайби;
- відрізки 50x50 мм склотканини або вуглетканини за допомогою двобічної клейкої стрічки на місцях розташування закладних шайб;
- обтягнути модель трикотажними рукавами, що залишились, закріпити їх до технологічної трубки відходами трикотажного рукава.

Виготовити зовнішній ізоляційний чохол (дистальний відділ зварювати не потрібно). Натягнути вологий чохол на модель, розправити зморшки та ізолювати на трубці вакуумної установки. Приготувати в'язку речовину. Залити її у верхній отвір чохла. Зав'язати отвір чохла та увімкнути другий канал вакуумної установки. Рівномірно розподілити смолу на всій поверхні складня, розправити зморшки на чохлах.

Вимкнути вакуумну установку після затвердіння в'язкої речовини. Зняти заготовку гільзи з вакуумної трубки, зняти зовнішній чохол із ПВС-плівки. Обрізати гільзу вздовж проксимального контура. Зняти гільзу з гіпсової моделі. Обробити краї гільзи.

### **Виготовлення зовнішньої (несної) гільзи**

Надіти контактну гільзу на модель (далі – модель з контактною гільзою – складень). Розташувати імітатор внутрішньої порожнини адаптера для ламінування на відповідному місці моделі. Установити складень на вакуумний пристрій. За розмірами складня підібрати необхідний типорозмір ізоляційних чохлав або виготовити чохол власноручно. Зволожити чохол. Перевірити внутрішній ізоляційний чохол на герметичність. Обробити його внутрішню поверхню тальком. Натягнути чохол на складень. Щільно розправити чохол на моделі й герметично зав'язати на трубці вакуумної установки за допомогою гумової стрічки. Відкрити відповідний кран вакуумної установки. Тиск має дорівнювати  $0,6 \div -0,8$  кг/см<sup>2</sup>. Перевірити відсутність складок на плівці й герметичність ізоляції. Обрізати залишки чохла нижче від рівня герметизації.

Визначити кількість і розміри армувальних чохлав відповідно до розмірів складня й бажаної міцності гільзи. Обтягнути складень двома парами чохлав. Установити адаптер для ламінування на імітатор його внутрішньої порожнини (рис. 3.70, а). Торцеву поверхню адаптера ізолювати поліетиленовою клейкою стрічкою з внутрішньої порожнини та зовні. Установити шар вуглетканини (склотканини) за допомогою двобічної клейкої стрічки:

- вздовж периметра адаптера;
- у радіальному напрямку щодо адаптера: зверху й уздовж трапецієподібного м'яза (*trapezium*), ззаду й уздовж підостьового м'яза (*infraspinatus*), латерально й упоперек переднього зубчастого м'яза (*seratus anterior*), спереду й уздовж великого грудного м'яза (*pectoralis major*);
- уздовж периметра проксимального краю.

Надіти на складень другий армувальний чохол, закріпити його до технологічної трубки під моделлю. Зафіксувати його до адаптера міцною ниткою. Установити другий шар вуглетканини (склотканини) за допомогою двобічної клейкої стрічки в раніше визначені місця. Обтягнути модель чохлами, що залишились.

Виготовити зовнішній ізоляційний чохол (дистальний відділ зварювати не потрібно). Натягнути вологий чохол на модель, розправити зморшки та ізолювати на трубці вакуумної установки. Приготувати в'язку речовину. Залити її у верхній отвір чохла. Зав'язати отвір чохла й увімкнути другий канал вакуумної установки. Рівномірно розподілити смолу на всій поверхні складня, розправити зморшки на чохлах (рис. 3.70, б).



а)



б)

Рисунок 3.70 – Виготовлення зовнішньої гільзи

Витримати складень до повної полімеризації в'язкої речовини й вимкнути насос. Зняти складень із вакуумної трубки. Позначити контур проксимального краю зовнішньої гільзи. Надрізати гільзу електропилою вздовж маркованої лінії, не торкаючись поверхні внутрішньої гільзи. Обережно прорізати ножом. Вилучити гіпс із порожнини внутрішньої гільзи. Вийняти внутрішню гільзу. Зняти зовнішній ізоляційний чохол із зовнішньої гільзи, зашліфувати контур гільзи. Вилучити пластик із торцевої поверхні адаптера.

Пропалити крізь отвори закладних шайб отвори під гвинти кріплення на зовнішню гільзу. Зробити отвори свердлом  $\varnothing 4,2$  мм. З'єднати контактну й зовнішню гільзи між собою гвинтами. Викрутити гвинти, гільзи роз'єднати.

### ***Виготовлення технологічного елемента для кріплення косметичної оболонки протеза***

Визначити місце розташування технологічного елемента для кріплення косметичної оболонки протеза та позначити його контур на зовнішній поверхні зовнішньої гільзи. У межах контура технологічного елемента гільзу змастити вазеліном або гіпсоізоляційним кремом. За позначеним контуром сформувати з гіпсового розчину модель формоутворювальної гільзи (рис. 3.71, а). Після застигання розчину зняти модель елемента з гільзи. Зняти напливи гіпсу й надати латеральній поверхні моделі сферичну форму. Перевірити симетричність моделі щодо форми збереженої кінцівки (рис. 3.71, б). За необхідності доопрацювати модель.

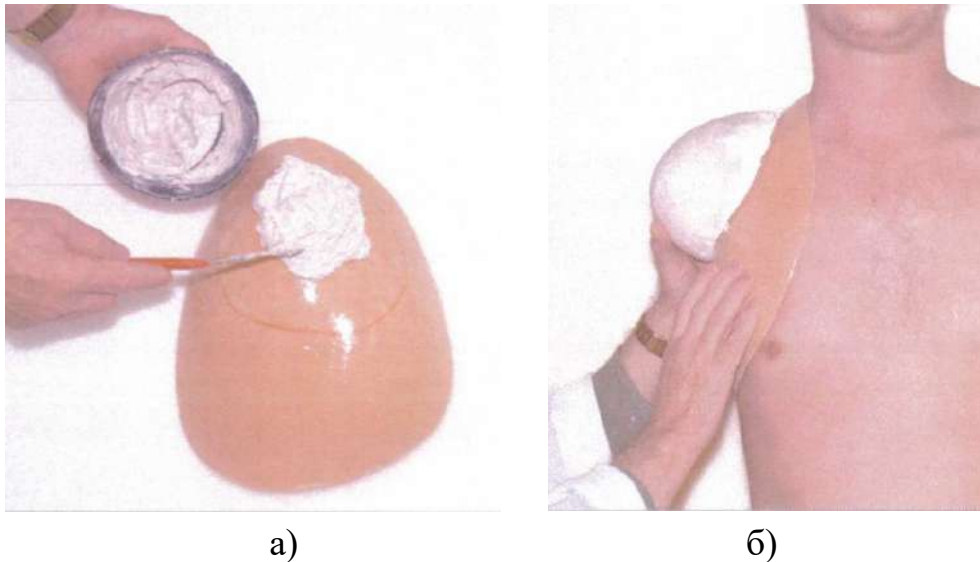


Рисунок 3.71 – Виготовлення моделі технологічного елемента

Накласти на модель 4–5 шарів зволоженого гіпсового бинта та сформувати по ньому новий негатив. Позначити на негативі зовнішній контур гільзи (рис. 3.72, *а*). Після застигання зняти негатив з моделі та обрізати його за розміткою. Підготувати негатив до заливання. Для цього закрити порожнину шарами гіпсового бинта (рис. 3.72, *б*). Приготувати гіпсовий розчин і заповнити ним негатив. Вставити в гіпсовий розчин технологічну трубку. Після застигання гіпсу звільнити позитив від гіпсових бинтів. Зняти напливи гіпсу та відшліфувати модель (рис. 3.72, *в*) та висушити її.

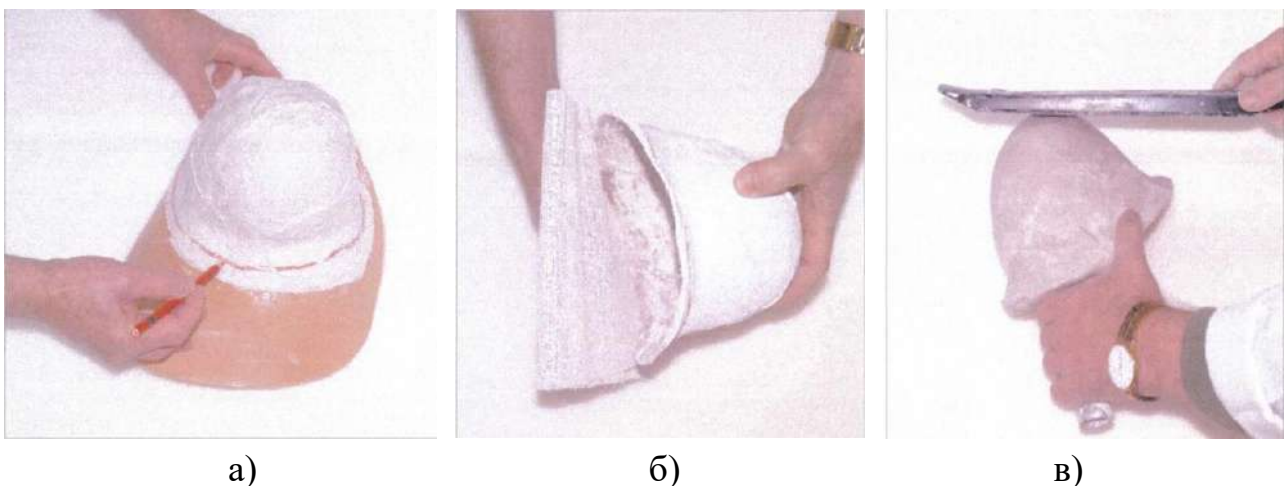


Рисунок 3.72 – Виготовлення моделі технологічного елемента

Встановити технологічну трубку з гіпсовою моделлю у вакуумну трубку. Зволожити ізоляційний чохол та обробити його внутрішню поверхню тальком. Надіти ізоляційний чохол на гіпсову модель, герметично приєднати його під верхнім витяжним отвором. Щільно розправити чохол на моделі

й герметично зав'язати на трубці вакуумної установки за допомогою гумової стрічки. Відкрити відповідний кран вакуумної установки. Тиск має дорівнювати  $0,6 \div -0,8$  кг/см<sup>2</sup>. Перевірити відсутність складок на плівці й герметичність ізоляції. Обрізати залишки чохла нижче від рівня герметизації.

Визначити кількість і розміри армувальних чохла. Обтягнути модель половиною кількості армувальних чохла. Установити закладні елементи – зубчасті шайби (кількістю 4–5 шт.) уздовж периметра моделі на відстані 1,5–2 см від проксимального краю. Фіксувати положення зубчастих шайб за допомогою стрічок вуглетканини або склотканини на двобічній клейкій стрічці. Надіти другу половину підготовлених чохла, прикріпити їх до технологічної трубки під моделлю. Надіти зволожений зовнішній ізоляційний чохол, герметично приєднати його до вакуумної трубки.

Приготувати в'язку речовину. Залити її у верхній отвір чохла. Зав'язати отвір і увімкнути другий канал вакуумної установки. Рівномірно розподілити смолу на всій поверхні складня, розправити зморшки на чохлах. Витримати модель до повної полімеризації в'язкої речовини й вимкнути насос. Зняти модель з вакуумної трубки. Обрізати елемент уздовж краю. Зняти зовнішню плівку з технологічного елемента. Обробити краї гільзи на фрезерно-шліфувальному верстаті.

Пропалити отвори в зубчастих шайбах технологічного елемента для з'єднання із зовнішньою гільзою. Нарізати різьблення в отворах зубчастих шайб.

### ***Попереднє складання протеза***

З'єднати положення технологічного елемента для кріплення косметичної оболонки протеза з відповідним місцем на зовнішній гільзі.

Крізь отвори технологічного елемента пропалити відповідні отвори на зовнішній гільзі для їх з'єднання. Розсвердли отвори на зовнішній гільзі до  $\varnothing 4,2$  мм.

Приєднати вузол плеча до адаптера, ламінованого в гільзі відповідно до рисунка. Скласти комплект вузлів і деталей до косметичного протеза після вичленення плеча згідно з рис. 3.73. До різьбової шпильки вузла плеча приєднати адаптер (поз. 2). Послабити гвинт адаптера (поз. 2) і встановити в отвір трубчастий модуль ліктьового вузла (поз. 3), гвинт зафіксувати. Приєднати адаптер кисті (поз. 4) до трубчастого модуля передпліччя ліктьового вузла.

Приєднати штучну кисть до адаптера. З'єднати контактну та зовнішню гільзи гвинтами.

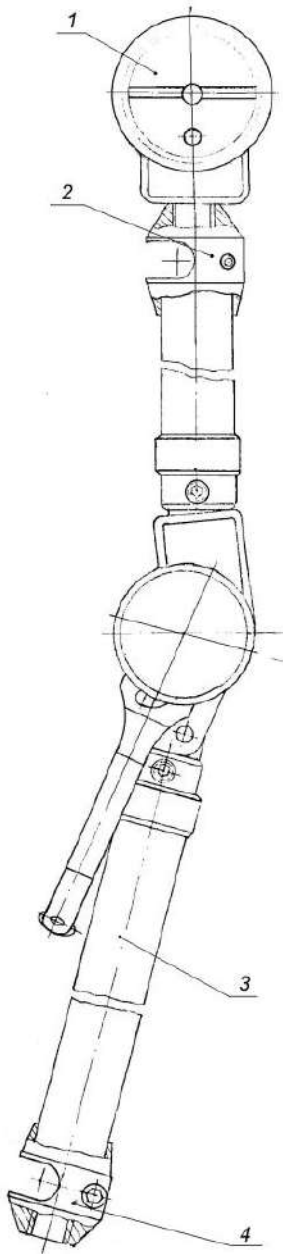


Рисунок 3.73 – Схема складання комплекту вузлів і деталей до косметичного протеза після вичленення плеча:

1 – вузол плеча; 2 – адаптер до ліктьового вузла;  
3 – вузол ліктьовий; 4 – адаптер кисті

### ***Примірювання протеза та виготовлення бандажа***

Надіти протез на пацієнта. Тимчасово прикріпити його на плечовому поясі за допомогою ремінної стрічки та затискачів.

Виміряти та зшити елементи бандажа (рис. 3.74):

– виміряти й позначити довжину ремня (поз. 1) з ремінної стрічки від проксимального краю зовнішньої гільзи на задній поверхні протеза на рівні середини лопатки до її проксимального краю на передній поверхні з припуском близько 10 см. Відрізати. Маркувати місце приєднання на гільзі;

– виміряти та позначити довжину ремня (поз. 2) з ремінної стрічки для виготовлення V-подібного елемента з рамкою від проксимального верхнього краю на передній поверхні до нижнього краю. Нижній ремінець

V-подібного елемента позиціонувати близько до горизонталі. Рамку розмістити на перехресті. Відрізати. Маркувати місце приєднання на гільзі;

– надіти на ремінь (поз. 1) захисний силіконовий чохол для розташування в зоні пахви;

– загорнути край ремня (поз. 1) на 3 см, виготовити на цьому краю отвір, що відповідає розміру заклепок, за допомогою пробійника;

– пришити до другого краю ремня (поз. 1) текстильну застібку завдовжки 13–15 см;

– загорнути краї V-подібного ремня (поз. 2) на 3 см, зробити на них отвори, що відповідають розміру заклепок, за допомогою пробійника;

– протягти ремінь (поз. 2) крізь отвір рамки, прошити перехрестя.

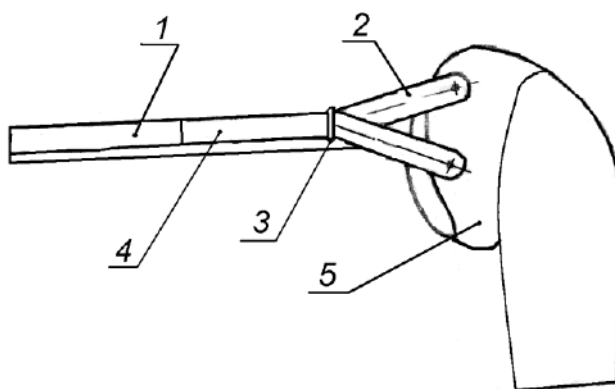


Рисунок 3.74 – Схема кріплення косметичного протеза після вичленення в плечовому суглобі:

- 1, 2 – ремінці зі стрічки ремінної; 3 – рамка металева;  
4 – застібка текстильна «Велкро»; 5 – зовнішня гільза

Зняти протез. Роз'єднати внутрішню та зовнішню гільзи. Просвердлити отвори, що відповідають розміру заклепок, на маркованих місцях зовнішньої гільзи. Приєднати ремінці (поз. 1, 2) за допомогою порожнистих заклепок до зовнішньої гільзи протеза. З'єднати внутрішню та зовнішню гільзи.

Надіти протез на пацієнта. Фіксувати його положення на плечовому поясі за допомогою биндажа. Зафіксувати ліктьовий вузол під кутом приблизно 90° за допомогою важеля (рис. 3.75, а).

Користуючись інформацією з бланка замовлення або порівнюючи рівень розташування ліктьового суглоба збереженої кінцівки й рівень розташування шарнірного з'єднання вузла, визначити й позначити необхідну довжину плечового трубчастого модуля. Обрізати плечовий трубчастий модуль за позначкою.

Контролювати за допомогою лазерного рівня симетричне положення рівнів анатомічного ліктя та штучного вузла, орієнтуватися на ліктювий відросток (*olecranon*) і край ліктювого вузла, що розміщений у положенні флексії не менше ніж 90°. Приєднати вузол, розфіксувати його.

Приєднати косметичну кисть. Повернути штучну кисть в положення, близьке до фізіологічного, зафіксувати гвинт адаптера. Користуючись інформацією з бланка замовлення або порівнюючи рівень розташування кисті збереженої кінцівки та штучної кисті протеза, визначити й позначити необхідну довжину трубчастого модуля передпліччя (рис. 3.75, б). Від'єднати вузол, обрізати трубчастий модуль передпліччя за позначкою. Приєднати вузол.

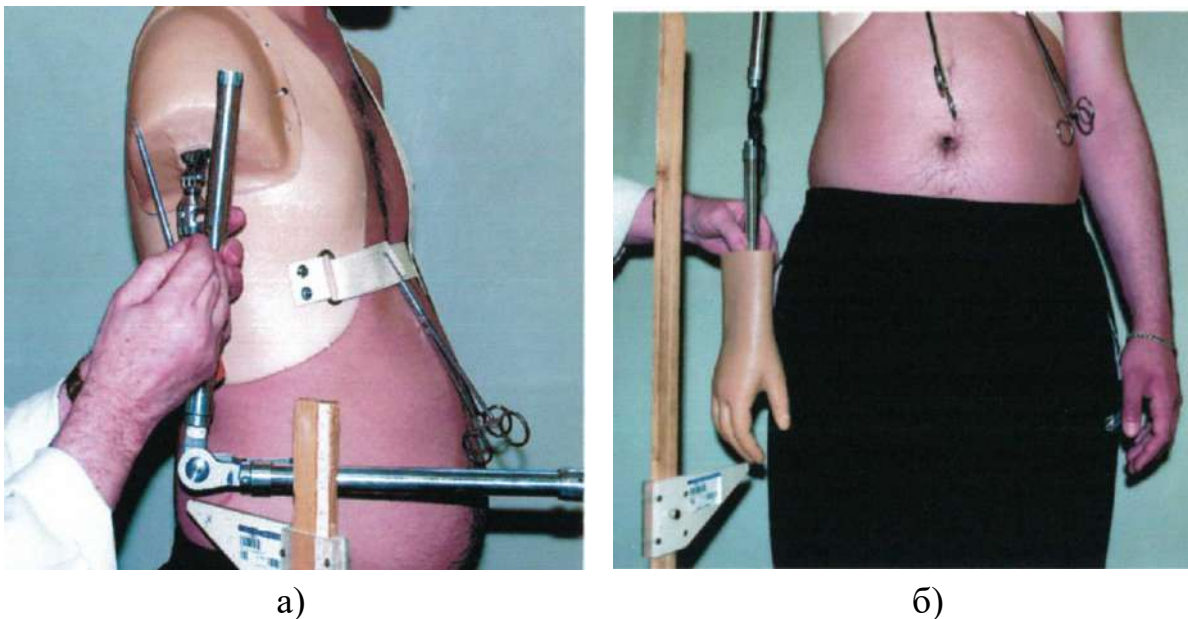


Рисунок 3.75 – Попереднє складання протеза

### ***Остаточне складання протеза***

Маркувати взаємні положення елементів комплекту вузлів, деталей та кисті. Від'єднати комплект вузлів і деталей від ламінованого адаптера й штучну кисть. Приєднати за допомогою гвинтів з боку внутрішньої поверхні прийомної гільзи технологічний елемент, за необхідності скоротивши гвинти.

Виготовити косметичну оболонку протеза. Вирізати заготовку еластичного пінополіуретану на основі полієфіру П-220, що в поперечному перерізі становить 100x100 мм або 120x120 мм і завдовжки дорівнює довжині каркаса протеза – від верхнього краю технологічного елемента до кисті з припуском. Розрізати заготовку пінополіуретану вздовж посередині одного боку, прорізаючи на половину товщини або навпіл. Усередині заготовки обрати порожнину під каркас протеза.

Обгорнути заготовкою пінополіуретану каркас протеза, розрізані поверхні з'єднати за допомогою клею. Обрізати заготовку у верхній частині відповідно до форми технологічного елемента, приклеїти її до зовнішньої поверхні технологічного елемента. Обробити поверхню заготовки пінополіуретану на фрезерно-шліфувальному верстаті відповідно до форми сегментів збереженої кінцівки.

Відміряти й відрізати рукав нейлонового трикотажного чохла тілесного кольору подвійної довжини з припуском. Вивернути отриманий чохол навиворіт.

Від'єднати технологічний елемент з заготовкою пінополіуретану й комплектом вузлів і деталей від зовнішньої гільзи, відкрутивши гвинти й коловороток вузла плеча. Надіти нейлоновий рукав на каркас протеза, починаючи з боку технологічного елемента, помірно натягуючи його. Приклеїти край нейлонового рукава на відстані 1–1,5 см від краю технологічного елемента на внутрішній поверхні. Зав'язати нейлоновий рукав приблизно посередині вимірної довжини на адаптері кисті міцною ниткою. Надіти другим шаром другу половину нейлонового рукава, підклеїти другий його край до внутрішньої поверхні технологічного елемента на відстані 1,5–3 см від краю. Обрізати залишок рукава за межею склеювання.

З'єднати гвинтами зовнішню гільзу й технологічний елемент із каркасом у косметичній оболонці. З'єднати гвинтами зовнішню та внутрішню гільзи. Приєднати косметичну кисть.

У разі застосування кисті, що містить окрему косметичну оболонку, необхідно її надіти:

- розігріти косметичну оболонку кисті в термошафі;
- обробити внутрішню поверхню оболонки антибактеріальним спреєм;
- надіти косметичну оболонку на кисть протеза поступово, відкриваючи механізм і направляючи пальці.

### **3.2.5 Технології виготовлення приймальних гільз, що містять особливі системи утримання протезів**

Важливу роль у забезпеченні якості та комфорту в користуванні протезом руки відіграє розміщення кукси. Застосування силіконових вкладишів, що були спеціально розроблені з урахуванням вимог у процесі протезування рук, значно підвищує комфорт у користуванні протезом, забезпечує хороше зчеплення з куксою та знижує тертя. За умови відповідної довжини кукси (вона має бути в межах від рівня середньої третини до рівня нижньої третини) можна відмовитися від охоплення ліктьового суглоба. Завдяки цьому можлива фізіологічна пронація та супінація передпліччя.

Силіконовий вкладиш до протеза може бути двох видів:

– типорозмірний – підбирається відповідно до розмірів кукси з тих, що пропонують виробники комплектувальних виробів. Типорозмір вкладиша для пацієнта визначається способом зіставлення дистального периметра кукси та відповідного розміру вкладиша;

– індивідуальний – виготовляється безпосередньо під час виготовлення протеза.

Вибір виду силіконового вкладиша залежить від стану кукси.

Типорозмірний вкладиш доцільно призначати, якщо

– рухомий шов розташований переважно на торці кукси;  
– усічені м'язові структури рівномірно перекривають кісткові (близько до анатомії передпліччя без дефектів);

– шкіряний покрив не має по довжині кукси повздовжніх швів, інших дефектів.

Індивідуальний вкладиш доцільно призначати, якщо

– шов не рухомий, прирослий до кісток;  
– шкіряний покрив може мати повздовжні дефекти.

### **3.2.5.1 Виготовлення гільзи передпліччя з типорозмірним силіконовим вкладишем**

Технологія описана на прикладі використання вкладиша та замкового механізму 14A1 фірми *Otto Bock*.

Зовнішній вигляд приймальної гільзи зображено на рис. 3.76.

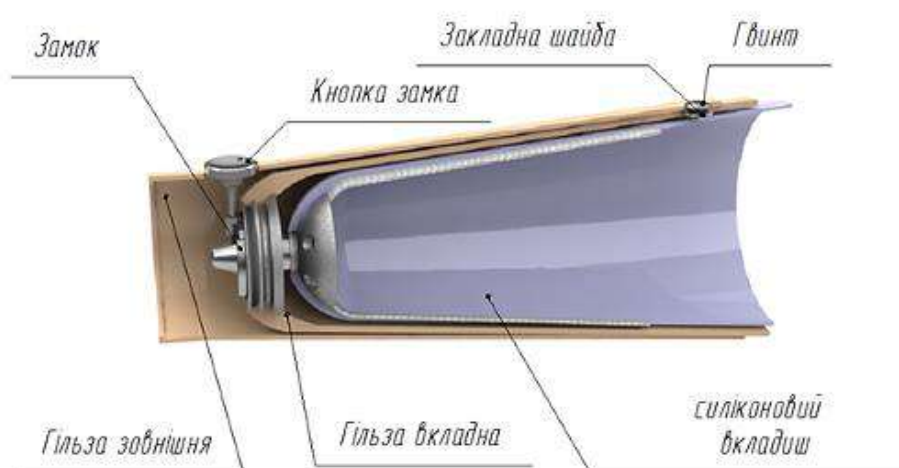


Рисунок 3.76 – Зовнішній вигляд приймальної гільзи передпліччя з типорозмірним силіконовим вкладишем

Для вибору вкладиша позначити дистально 2–3 см від краю кукси. Виміряти периметр кукси на цьому рівні. Цей розмір необхідний для визначення розміру типорозмірного силіконового вкладиша. Метод підбору вказує виробник вкладишів у технічній інформації на продукцію. Зазвичай від виміряного периметра кукси  $P$  рекомендують відняти 1–2 см. Здобутий результат – це розмір силіконового вкладиша. Підбір типорозміру вкладиша відіграє важливу роль для комфорту кукси в протезі. Вкладиш має повністю (тотально) контракувати зі шкірою. За наявності повітря між вкладишем і шкірою відбувається потовиділення, що призводить до подразнень і алергічних реакцій.

Знімання мірок збереженої кінцівки та кукси здійснюється відповідно до п. 3.2.2.

### ***Виготовлення гіпсового негатива з кукси з типорозмірним силіконовим вкладишем***

Оглянути куксу пацієнта (див. п. 3.2.2). Вивернути вкладиш внутрішнім боком назовні. Обробити спреєм на основі спирту його зовнішню поверхню. Надіти вкладиш на куксу. Загвинтити шток 14A107 в закладний елемент вкладиша (рис. 3.77, а). Притиснути дно силіконового вкладиша до дистального краю кукси й розташувати вкладиш на куксі, не допускаючи зміщення м'яких тканин (рис. 3.77, б). Шток має збігатися з повздовжньою віссю кукси передпліччя в сагітальній та фронтальній площинах (рис. 3.77, б, в).



а)

б)

в)

Рисунок 3.77 – Розташування вкладиша на куксі

Необхідно переконатись, що під вкладишем немає повітря або складок шкіри. Вкладиш не можна натягувати на куксу.

У разі використання типорозмірного вкладиша визначити та позначити його довжину (проксимальна лінія обрізки гільзи проходить дистальніше щодо ліктьового суглоба), зняти з кукси, обрізати ножицями відповідно до позначки та знову надіти на куксу.

Надіти фартух на пацієнта. Обгорнути вкладиш і куксу з охопленням ліктьового суглоба поліетиленовою плівкою або надіти трикотажний чохол, закріпити його положення за допомогою відтяжок на плечовому поясі, змочити чохол водою.

Визначити дистально рівень першого контрольного периметра  $P1$ , що можна виміряти, позначити контрольну позначку. Заміряти й додати в бланк замовлення параметри кукси:

– довжину кукси,  $B$ , см – відстань від ліктьового виростка до отвору приєднання штока за допомогою рулетки;

– периметр,  $P1$ , см – обхват передпліччя на дистальному краю кукси; Від цього рівня зробити позначки на куксі через кожні 3 см;

– периметр  $P2-n$ , см – обхвати кукси на маркованих рівнях.

Надати кінцівці середнє між пронацією та супінацією положення  $90^\circ$  згинання в ліктьовому суглобі.

Виміряти та вирізати накладку на дно з 4–5 шарів гіпсового бинта. Вирізати в ній центральний отвір для штока. Намочити у воді й накласти на торець кукси. Замочити гіпсові бинти у воді, потім віджати. Накладати бинт без натягу на 4–5 шарів по спіралі та у формі «вісімки» (рис. 3.78, *a*).

Натяг бинтів має бути постійним. Бинти потрібно накладати таким чином, щоб кожний наступний шар накладався на половину попереднього, гіпс водночас потрібно ретельно розгладжувати та втирати. Не можна допускати складок і перетяжок бинта.

Моделювати негатив, стискаючи передпліччя на передній і задній поверхнях. Переконатись, що негатив не обмежив обсяги рухів у ліктьовому суглобі під час здійснення пацієнтом активних рухів. Коригувати, за необхідності, проксимальну лінію обрізання. Витримати куксу пацієнта в положенні згинання до затвердіння гіпсових бинтів.

Зняти гіпсовий негатив із кукси (рис. 3.78, *б*), вкладиш обмити теплою водою та зняти з кукси, вивертаючи. Також теплою водою вимити вкладиш і куксу. Установити шаблон штока без різьби 14A111, з дистального краю приблизно на 2 см у порожнину негатива, зафіксувати положення вологим гіпсовим бинтом, дати затвердіти. Подовжити негатив на 2–3 см за допомогою лонгети з 3–4 шарів гіпсового бинта (рис. 3.78, *в*). Висушити негатив.



а) б) в)  
Рисунок 3.78 – Виготовлення гіпсового негатива кукси

### ***Виготовлення гіпсової моделі***

Заповнити негатив гіпсовим розчином (див. п. 3.2.2). Розрізати й зняти негатив з моделі. Поглибити проксимальний край моделі. Приготувати незначну кількість гіпсового розчину й нанести його на дистальний край навколо макета штока без різьби. На макет штока встановити макет кільця (рис. 3.79, а), форма якого ідентична кільцю, що буде ламінуватись (рис. 3.79, б). Після застигання гіпсу зняти з моделі макети для кільця та штока без різьби.

Перевірити відповідність розмірів кукси вказаних у бланку замовлення й отриманих розмірів моделі, обробити її до вимірних номінальних розмірів. Обробляти модель переважно на долонній і дорсальній поверхнях передпліччя, щоб надати їй більш овальної форми (рис. 3.79, в). Шліфувати гіпсову модель насухо та під водою.



а) б) в)  
Рисунок 3.79 – Виготовлення гіпсової моделі кукси

### ***Виготовлення тестової контактної (внутрішньої) гільзи, її примірювання та доопрацювання***

Виготовити тестову гільзу відповідно до п. 3.2.2. Перед обтягуванням термопластичним матеріалом у кільце для ламінування закрутити замикальний механізм (14A1) до упору. Поставити на кільці позначку навпроти рукоятки. Від'єднати механізм від кільця. Закрутити захисну пробку в кільце для ламінування, установити його на дистальний край гіпсової моделі. Кільце розташувати позначкою на долонному боці моделі.

Після оброблення гільзи надіти силіконовий вкладиш на куксу пацієнта. Закрутити шток у силіконовий вкладиш, і замикальний механізм (14A1) – у кільце для ламінування (до упору).

Надіти тестову гільзу на куксу пацієнта після сприскування шкіри та внутрішньої порожнини гільзи антибактеріальним засобом (спреєм) з метою створення умов для сковзання кукси поверхнею гільзи. У цьому разі звернути увагу на правильне розміщення кукси.

Контролювати розміщення кукси в гільзі. Перевірити:

- замикання штока в замикальному механізмі;
- кут максимального згинання;
- кут максимального розгинання;
- відчуття пацієнта в разі навантаження на торець кукси;
- відчуття пацієнта за умови навантаження з латерального, медіального боків, на задню та передню поверхні гільзи;
- здатність гільзи витримувати навантаження, якщо докласти зусиль у дистальному напрямку.

Доопрацювати гільзу за результатами примірювання. Відновити гіпсову модель.

### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи з термопластичного матеріалу***

Використовувати метод формування під вакуумом зі швом склеювання для термопластичного матеріалу EVA завтовшки 4–5 мм (наприклад, 616T112 виробництва *Otto Bock*).

У застосуванні матеріалів інших фірм необхідно враховувати рекомендації виробника щодо роботи з матеріалом.

Підготувати кільце для ламінування з метою використання в гільзі з термопластичного матеріалу EVA.

Приєднати кільце до моделі за допомогою двобічної клейової стрічки з орієнтацією відповідно до позначки в тестовій гільзі. Установчі пластини підігнути по профілю моделі із зазором на 1–2 мм.

Подальші технологічні операції виконуються згідно з п. 3.2.2, за винятком місця з'єднання гільз між собою, на 2–3 см дистальніше від проксимальної лінії обрізання:

- дві на латеральній поверхні симетрично щодо середньої лінії;
- дві на медіальній поверхні симетрично щодо положення ліктьового відростка.

### ***Примірювання контактної (внутрішньої) гільзи***

Надіти силіконовий вкладиш на куксу. Використовувати спреї на спиртовій основі для ковзання під час надягання.

Приєднати замковий механізм до кільця внутрішньої (контактної) гільзи (рис. 3.80, а). Надіти внутрішню гільзу протеза на куксу пацієнта (рис. 3.80, б). Переконайтеся в тому, що замковий механізм автоматично фіксує шток вкладиша, а також що

- м'які тканини кукси розташовуються в порожнині без надмірного здавлювання;
- відсутній тиск на кісткові опори й болісні місця;
- верхній контур контактної (внутрішньої) гільзи не перешкоджає згинанню в ліктьовому суглобі;
- гільза надійно утримується на куксі пацієнта (рис. 3.80, в).

Зняти гільзу з кукси пацієнта.

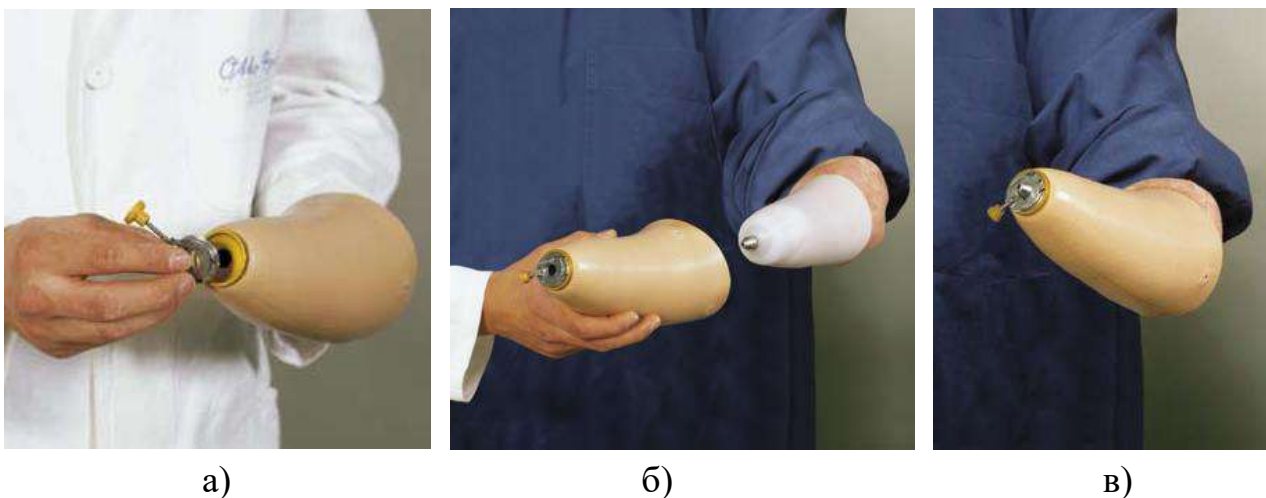


Рисунок 3.80 – Примірювання контактної гільзи

Подальші технологічні операції з виготовлення протеза виконуються відповідно до п. 3.2.2.

### **3.2.5.2 Виготовлення індивідуального силіконового вкладиша із замком для приймальної гільзи протеза передпліччя**

Зовнішній вигляд індивідуального силіконового вкладиші наведено на рис. 3.81.



Рисунок 3.81 – Індивідуальний силіконовий вкладиш

Виготовлення гіпсової моделі кукси здійснюється відповідно до 3.2.2.

#### **Виготовлення тестового силіконового вкладиша**

Обробити поверхню моделі рідким милом. Розмістити гіпсову модель в отворі двоканальної трубки, що підключена до вакуумного посту (вакуум на рівні від  $-0,3$  до  $-0,4$  кгс/см<sup>2</sup>).

Підготувати силіконову композицію у такий спосіб:

- установити на вальцях дистанційний розмір, що забезпечує товщину листа матеріалу 4 мм;
- зважити на вагах однакову кількість кожного з двох компонентів силікону (кількість матеріалу залежить від розмірів гіпсової моделі);
- пропустити крізь вальці кожний із компонентів не менше ніж 10 разів окремо один від одного для пластифікації матеріалу;
- змішати між собою компоненти накладанням листів один на одний, звернути матеріал в рулон, пропустити крізь валки, знову – в рулон, і так до рівномірного перемішування;
- пропустити крізь валки змішані між собою компоненти, поступово зменшувати відстань між валками до 2–2,5 мм (припинити після отримання листа без пухирів повітря та розміру, що не менший за гіпсову модель).

Визначити розміри необхідної прямокутної заготовки основної частини гільзи відповідно до розмірів гіпсової моделі:

– довжину заготовки,  $L$ , см, визначити вимірюванням найбільшого периметра;

– ширину заготовки,  $B$ , см, визначити вимірюванням довжини гіпсової моделі.

Вирізати ножицями або ножем з листа силікону заготовку розміром не меншим ніж  $L \times B$ .

Відформувати заготовку основної частини вкладиша відповідно до позитива (матеріал не натягувати, щоб запобігти нерівномірності товщини). Краї матеріалу з'єднати натисканням. Обрізати ножем і видалити залишки матеріалу вздовж шва з'єднання. Обережно розрівняти поверхню валками.

Для запобігання прилипання матеріалу до поверхні валків необхідно прокладати між заготовкою та валками поліетиленову плівку. Проксимальний край вкладиша на 1,5–2 см поступово зменшити за товщиною приблизно до 1 мм.

Підготувати сітку поліамідну для армування вкладиша таким чином:

– визначити розміри заготовки відповідно до розмірів гіпсової моделі: довжина заготовки,  $K=(2K1+K2)$  см, де  $K1$  – це 1/2 довжини гіпсової моделі,  $K2$  – це діаметр дистального відділу гіпсової моделі; ширина заготовки  $M$  становить 2–3 см;

– відрізати частину розміром  $K \times M$ .

Скласти сітку надвоє, середину відрізка розташувати в центр дистального відділу та притиснути її в основну частину вкладиша за допомогою валків до виходу силікону крізь отвори.

На внутрішню поверхню закладного елемента накласти шар силіконової композиції завтовшки приблизно 1 мм. Установити закладний елемент (рис. 3.82) та притиснути його руками в основну частину вкладиша до виходу силікону крізь отвори.

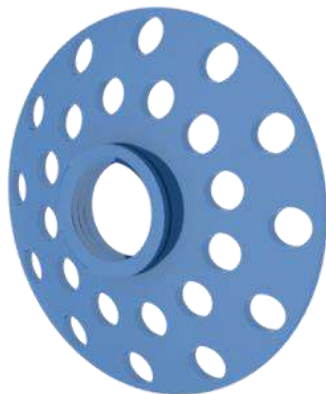


Рисунок 3.82 – Закладний елемент

Вирізати ножицями або ножем з листа силікону заготовку розміром  $K \times M$  завтовшки до 1 мм та накласти її на закладний елемент та сітку. Краї матеріалу з'єднати натисканням, видалити пухирі повітря. Обережно розрівняти поверхню валками по всьому периметру заготовки. Зробити на всій поверхні матеріалу отвори для виходу повітря між моделлю та матеріалом.

Надіти на складень змочений ізоляційною рідиною (рідким милом) чохол *Nylon Sock 81A1=8* або 10 (залежно від розміру гіпсової моделі) на 6–8 шарів для відкачування повітря. Надіти на складень гумову еластичну рукавицю або міцний поліетиленовий пакет. Закріпити її/його під верхнім витяжним отвором двоканальної вакуумної трубки. Відкрити кран для вакуумування. Увімкнути вакуум приблизно на 20 хв, зняти рукавицю та чохла. Перевірити якість поверхні, коригувати його розподілення катанням циліндричного стрижня з накаткою. Матеріал уздовж проксимального краю звести нанівець.

Знову надіти чохла та рукавицю, установити вакуум на рівні  $-0,8 \div -0,9$  кгс/см<sup>2</sup>, витримати не менше ніж 1 год. За необхідності повторити операції вакуумування до отримання поверхні матеріалу без дефектів. Вимкнути вакуумування. Обережно зняти рукавицю та чохла, перевірити якість поверхні, зрівняти місця збігу матеріалу пальцями. Для запобігання прилипання використовувати рідке мило.

Провести термооброблення силіконової заготовки в такий спосіб:

- увімкнути та розігріти термошафу до температури 75°C;
- розташувати складень у термошафі, витримати вкладиш у термошафі протягом 8 год;
- збільшити температуру в термошафі до 95°C та витримати вкладиш упродовж 2 год, вимкнути нагрівання після спливу часу, охолодити вкладиш, не виймаючи його з термошафи. Вийняти вкладиш. Обережно зняти вкладиш із моделі.

### ***Примірювання тестового силіконового вкладиша на куксі пацієнта***

Зовнішню поверхню обробити тальком. Вивернути силіконовий вкладиш. Загвинтити шток у цей вкладиш. Нанести на куксу спрей для силіконових вкладишів. Надіти на дистальний край кукси дно силіконового вкладиша, рівномірно й обережно вивертати вкладиш по куксі, не допускаючи зміщення м'яких тканин. Переконайтесь, що під вкладишем немає повітря або складок шкіри. Вкладиш не можна натягувати на куксу. Переконайтесь, що вкладиш

- забезпечує компресійний ефект на м'які тканини кукси;
- утримується на куксі під час докладання сили для знімання;

- не тисне на кісткові структури кукси;
- шток розташований уздовж подовжніх ліній кукси.

### ***Виготовлення постійного силіконового вкладиша***

Якщо вкладиш не має необхідних розмірів – необхідно коригувати розміри гіпсової моделі. Повторити всі операції виготовлення тестового вкладиша. У процесі підготовки силіконової композиції виконати такі дії:

- установити на валках дистанційний розмір, що забезпечує товщину листа матеріалу 4 мм;
- зважити на вагах однакову кількість кожного з двох компонентів силікону (кількість матеріалу залежить від розмірів гіпсової моделі);
- пропустити крізь валки кожний із компонентів не менше ніж 10 разів, окремо один від одного для пластифікації матеріалу;
- змішати між собою компоненти накладанням листів один на одний, додати пігмент у кількості, що забезпечує бажаний колір матеріалу (до 3%), загорнути матеріал у рулон, пропустити крізь валки, знову – у рулон, і так до рівномірного перемішування пігменту;
- пропустити крізь валки змішані між собою компоненти, поступово зменшувати відстань між валками до 2–2,5 мм (припинити, якщо лист буде без пухирів повітря та розмір буде не менший за розміри гіпсової моделі).

### ***3.2.5.3 Протез передпліччя, що підвищує стабільність на куксі***

Новим у практиці протезування верхніх кінцівок є застосування скелетованих гільз із компресією м'яких тканин, яка забезпечує високу точність фіксації на куксі. На рис. 3.83 зображений принцип утримання такої гільзи порівняно зі звичайною замкнутою гільзою. У звичайній гільзі тканини кукси розташовуються всередині до повного їх стискання. Повне стискання тканин показано пунктирними лініями. У цьому разі рухомість кісткових структур усередині гільзи зберігається.

Коли зони екстремального тиску в скелетованій гільзі попередньо стискають м'які тканини, силове навантаження відбувається набагато раніше й більша сила переносить тиск на кісткові структури. Такі гільзи найчастіше відповідають вимогам до протезів для занять спортом і до робочих протезів.

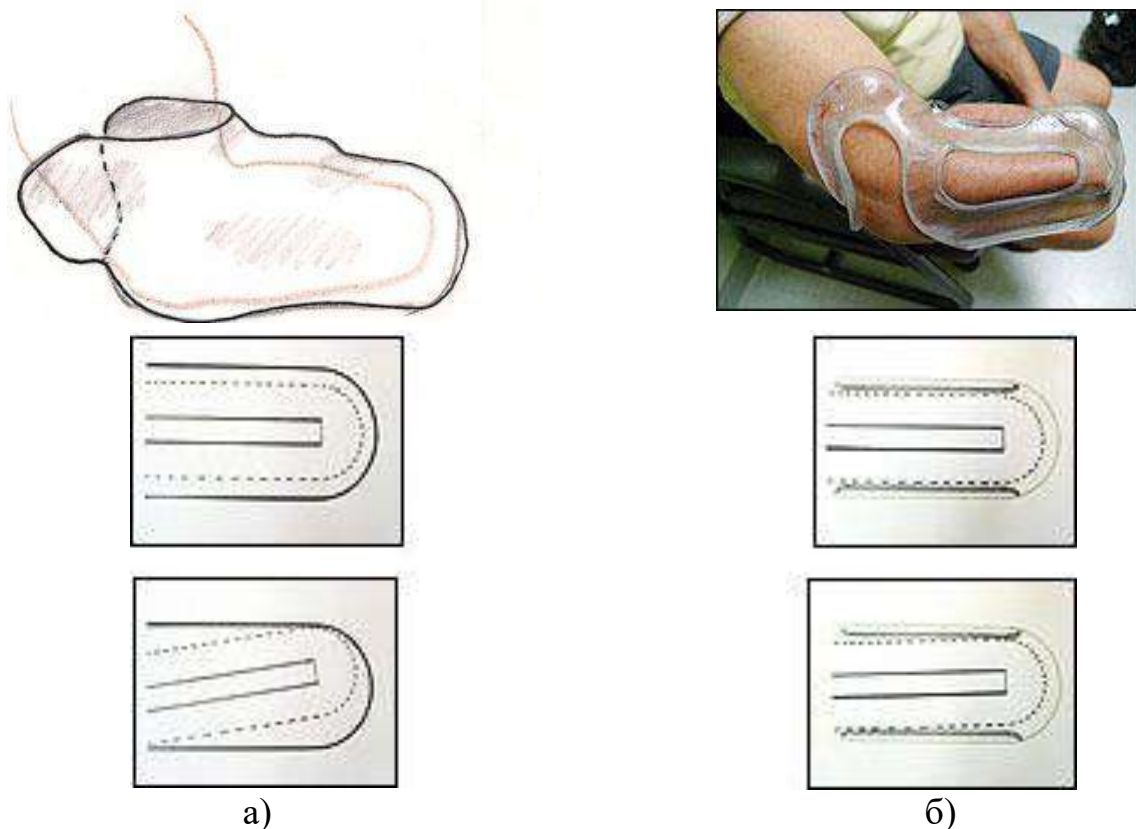


Рисунок 3.83 – Порівняння принципу утримання гільз протезів:  
 а – розташування тканин у звичайній замкнутій гільзі;  
 б – розташування тканин у скелетованій гільзі з компресією м'яких тканин,  
 яка забезпечує високу точність фіксації на куксі

***Технологія виготовлення протеза передпліччя для занять спортом***

Протез передпліччя зі скелетованою контактною гільзою з термопластичного матеріалу із захватом надвиростків плечової кістки призначається для занять спортом. Конструкція внутрішньої та, відповідно, зовнішньої гільзи забезпечує високу точність фіксації на куксі способом стабілізації кісткових сегментів та виходу крізь отвори назовні м'яких тканин. Загальний вигляд протеза наведено на рис. 3.84.



Рисунок 3.84 – Зовнішній вигляд протеза передпліччя для занять спортом

### Знімання мірок

Цю процедуру проводять, коли кукса розміщена в положенні згинання  $15^\circ$  (фізіологічно нормальне положення кінцівки в ліктьовому суглобі). Заміряти й додати в бланк замовлення параметри кукси (рис. 3.85, а):

– довжину кукси,  $A$ , см – відстань від центра ліктьового виростка до кінця кукси за допомогою рулетки;

– периметр,  $P_1$ , см – обхват передпліччя на дистальному краї кукси за допомогою рулетки. Від цього рівня зробити позначки на куксі через кожні 3 см;

– периметр  $P_{2-n}$ , см – обхвати кукси на маркованих рівнях.

Заміряти й додати в бланк замовлення медіально-латеральні відстані, виміряні за допомогою штангенциркуля (рис. 3.85, б):

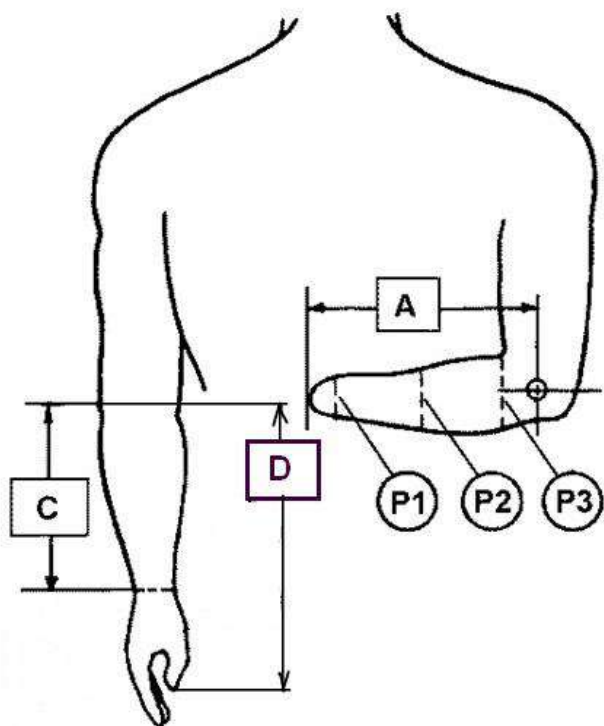
– проксимально вище щодо надвиростків плечової кістки;

– безпосередньо на надвиростках.

Заміряти й додати в бланк замовлення параметри збереженої кінцівки:

– довжину передпліччя,  $C$ , см – відстань від шилоподібного відростка ліктьової кістки до променезап'ясткового суглоба;

– відстань від ліктьового відростка до кінця першого пальця,  $D$ , см.



а)



б)

Рисунок 3.85 – Знімання мірок

### ***Виготовлення гіпсового негатива***

Оглянути куксу відповідно до п. 3.3.3. Надіти на неї вологий трикотажний чохол. Позначити на чохлі:

- медіальний і латеральний надвиростки, ліктювий відросток (рис. 3.86, а);
- місце ліктювого згину та виріз на негативі в положенні згинання, визначити проксимальний край гільзи та позначити його. Водночас враховувати таке (рис. 3.86, б):

- дорсально зробити познаку на 1–2 см проксимально над ліктювим відростком;

- латерально та медіально зробити познаку проксимально щодо надвиростків;

- вентрально зробити познаку шкіряної складки на місці згину ліктювого суглоба й під час напруження м'язів – місця розташування сухожилля біцепса.



а)



б)

Рисунок 3.86 – Виготовлення гіпсового негатива

Вирізати відрізок з 3–4 шарів гіпсового бинта, розмочити його та накласти на дистальний відділ кукси. Накласти вільно, без натягу, вологий гіпсовий бинт циркулярно із захватом надвиростків (рис. 3.87, а).

Сформувати за допомогою планок ділянки стабілізації кісткових сегментів (рис. 3.87, б). Тиснути на планки, що розташовані з обох боків ділянок м'язів розгиначів і згиначів кисті. Надати куксі положення згинання 90° (пацієнт не має напружувати м'язи), позначити край гільзи (рис. 3.87, в).



а) б) в)

Рисунок 3.87 – Виготовлення гіпсового негатива

Обрізати негатив над ліктьовим відростком до маркованого контура. Попросити пацієнта обережно виконувати рухи згинання й розгинання в ліктьовому суглобі для формування порожнин навколо ліктьового відростка та надвіростків (рис. 3.88, а). Витримати негатив на куксі до затвердіння гіпсу. Обрізати негатив уздовж проксимального краю гіпсовими ножицями на пацієнтові, перевірити амплітуду руху й, за необхідності, обрізати край негатива знову. Вилучити м'які тканини з гіпсового негатива, натискаючи великим пальцем, обережно зняти негатив із кукси. Поновити розмітку ліктьового відростка, надвіростків і позначити ділянки стабілізації кісткових сегментів (рис. 3.88, б).



а)



б)

Рисунок 3.88 – Виготовлення гіпсового негатива

### ***Виготовлення гіпсової моделі***

Перевірити маркування (познаки) гіпсового негатива, за необхідності поновити їх. Виміряти периметр проксимального краю негатива й зробити

з 3–4 шарів гіпсового бинта лонгету відповідної довжини. Занурити лонгету у воду, віджати зайву воду й накласти на край негатива, як його подовження, з розрахунку виступу лонгети на 30–40 мм від краю негатива. Обробити внутрішню поверхню негатива мильним розчином.

Підготувати гіпсовий розчин. Заповнити негатив гіпсовим розчином, установити технологічну трубку згідно з вертикальними орієнтирами на негативі, витримати до затвердіння гіпсу. Звільнити гіпсову модель, розрізавши та знявши негатив. Поглибити проксимальний край позитива. Ділянки стискання м'яких тканин для стабілізації кісткових сегментів маркувати. Під час оброблення моделі ці ділянки поглибити. Поновити позначки розташування кісткових структур ліктя.

Маркувати на дорсальній поверхні моделі ділянку вікна для вивільнення ліктьового відростка (*olecranon*) та надвиростків плечової кістки (*lateral epicondyle, medial epicondyle*). Це місце необхідно доростити гіпсовим розчином. Маркувати ділянки для вивільнення м'яких тканин. Ці місця необхідно доростити гіпсовим розчином. Маркувати положення сухожилка двоголового м'яза плеча (*biceps tendon*) та дистальних країв ліктьової (*ulna*) та променевої (*radius*) кісток. Ці місця доростити гіпсовим розчином. Сформувані на моделі гребінь для сухожилля двоголового м'яза плеча, щоб у подальшому мати відповідний канал у гільзі.

Раковини й нерівності зашпаклювати гіпсовим розчином. Шліфувати гіпсову модель.



Вентральний аспект



Медіальний аспект



Дорсальний аспект



Латеральний аспект

Рисунок 3.89 – Зовнішній вигляд гіпсової моделі після оброблення

### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) тестової гільзи***

Виготовити тестову гільзу відповідно до технологічних операцій, описаних у п. 3.2.2.



Вентральний аспект



Медіальний аспект



Дорсальний аспект



Латеральний аспект

Рисунок 3.90 – Вигляд тестової гільзи

Надіти тестову гільзу на куксу пацієнта з допомогою чохла для протягування тканин, звернути увагу на правильне розміщення кукси. Контролювати розміщення кукси та прилягання м'яких тканин до поверхні гільзи. Перевірити

- кут максимального згинання;
- кут максимального розгинання;
- відчуття пацієнта в разі навантаження на торець кукси (рис. 3.91);
- відчуття пацієнта в ділянці надвиростків під час одягання гільзи та здійснення рухів згинання-розгинання;
- відчуття пацієнта в процесі навантаження з латерального, медіального боків, на задню та передню поверхні гільзи (рис. 3.91).

Доопрацювати тестову гільзу за необхідності. Провести повторні примірювання, щоб досягти відповідності формі кукси та задовільних відчуттів пацієнта від контакту з гільзою. Зняти тестову гільзу з кукси. Перевірити стан тканин кукси.



Рисунок 3.91 – Примірювання тестової гільзи

### ***Складання прототипу протеза***

Закрити отвір тестової гільзи для протягування тканин кукси клейкою стрічкою. Обгорнути тестову гільзу пластиною тролену завтовшки 1–2 мм, формуючи зрізаний конус навколо дистальної частини гільзи, де немає отворів. Знизу тролен або листовий поліетилен щільно приєднати поліетиленовою клейкою стрічкою, скріпити отриманий конус посередині й по краях.

Приготувати в мірнику суміш із жорсткого пінопласту (педилену) та затверджувача для жорстких пінопластів у пропорції 1:1, перемішати й залити в горловину сформованого конуса. Зняти пластину тролену (поліетилену) після затвердіння педиленової суміші. Визначити довжину й форму дистального краю залежно від комплектувальних виробів, що будуть установлені в протез. Обробити поверхню педиленової формоутворювальної моделі по всій довжині, закріпити її на контактній гільзі.

Визначити схему взаємного розташування складових частин у прототипі протеза. Зазвичай потрібно надати до 5° флексії та до 5° променевої девіації положенню кінцевого пристрою. Але необхідно враховувати рухи протеза

під час занять певним видом спорту й коригувати положення насадки та променезап'ясткового вузла в функціонально вигідній позиції.

Приєднати променезап'ястковий вузол до дистального краю гільзи за допомогою термоклею. Закріпити поверх клейкою лляною стрічкою.

Приміряти прототип протеза на пацієнтові. Надіти прототип на куксу за допомогою чохла для розміщення тканин кукси в приймальній гільзі. Перевірити симетрію рівнів розташування збереженої кисті та кінцевого пристрою за допомогою лазера на штативі. За необхідності виправлення прототип протеза знімати й коригувати взаємне положення складових елементів. Зняти пристрій, обережно переміщуючи м'які тканини в порожнині гільзи до проксимального краю. Провести тренінги з прототипом протеза під час спортивних тренувань під наглядом фахівців: протезиста, лікаря-ортопеда, реабілітолога. За необхідності коригувати елементи прототипу.

### ***Виготовлення контактної (внутрішньої) гільзи з термопластичного матеріалу методом формування під вакуумом зі швом склеювання***

Розібрати прототип протеза. Заповнити пластиліном отвір для з'єднувальної трубки тестової гільзи.

Закрити за допомогою клейової стрічки або гіпсовими лонгетами отвори тестової гільзи. Подовжити проксимальний край гільзи за допомогою гіпсового бинта, складеного в три шари вздовж периметра цього краю, витримати до затвердіння. За результатом примірювання, якщо необхідно, коригувати положення з'єднувальної трубки. Приєднати на визначеному місці шаблон для встановлення з'єднувальної трубки.

Розмістити гіпсову модель у горизонтально розташованій витяжній трубці, що з'єднана зі стаціонарним вакуумним постом. Орієнтувати модель вентральною поверхнею до підлоги.

Виготовити контактну гільзу відповідно до технологічних операцій, описаних у п. 3.2.2.

### ***Виготовлення формуютьовальної моделі зовнішньої (несної) гільзи***

Закріпити модель у лещатах. В отвір тестової гільзи для протягування тканин кукси вставити з'єднувальну трубку, заповнити її пластиліном. Обгорнути поверхню контактної гільзи ПВХ-плівкою в кілька шарів, створюючи ізоляційний шар. Обгорнути тестову гільзу пластиною тролону завтовшки 1–2 мм, формуючи зрізаний конус навколо дистальної частини гільзи, де немає отворів. Знизу тролен або листовий поліетилен щільно

приєднати поліетиленовою клейкою стрічкою, скріпити отриманий конус посередині й по краях.

Приготувати в мірнику суміш із жорсткого пінопласту (педилену) та затверджувача для жорстких пінопластів у пропорції 1:1, перемішати й залити в горловину сформованого конуса. Зняти пластину тролену (поліетилену) після затвердіння педиленової суміші.

Відновити довжину та форму дистального краю, використати схему взаємного розташування складових частин, як у прототипі протеза. Обробити на фрезерно-шліфувальному верстаті поверхню педиленової формоутворювальної моделі по всій довжині, закріпити її на контактній гільзі.

Приготувати в'язку речовину з ортокрилової смоли й порошку-затверджувача. Нанести пензлем цю речовину на поверхню педиленової формоутворювальної моделі. Отвір зі з'єднувальною трубкою знову ізолювати пластиліном.

### ***Виготовлення зовнішньої (несної) гільзи***

Установити складень у вакуумну трубку. Розташувати кільце для ламінації променезап'ясткового вузла на дистальному краї. За потреби ізолювати його порожнину пластиліном.

Нарізати два армувальних чохла з нільскляного рукава. Довжина одного чохла має дорівнювати подвійній довжині заготовки з припуском. Надіти перший шар рукава, зав'язати його під моделлю.

Установити у вигляді рамкової конструкції стрічку з вуглетканини за допомогою двобічної клейкої стрічки:

- уздовж периметра проксимального та дистального країв;
- на поверхнях ділянок стискання м'яких тканин для стабілізації кісткових сегментів (між вікнами).

Надіти другий шар рукава, закріпити під моделлю. Установити другий шар з вуглетканини у вигляді рамкової конструкції. Надіти два шари нільскляного рукава, закріпити під моделлю. Надіти зволожений зовнішній ізоляційний чохол. В'язку речовину з ортокрилової смоли й порошку-затверджувача залити крізь лійку в горловину зовнішнього чохла, горловину перев'язати. Відкрити клапан нижнього витяжного отвору вакуумного насоса. Розподілити в'язку речовину по поверхні складня. Після завершення полімеризації зняти зі складня верхній ізоляційний чохол.

Закріпити технологічну трубку гільзи в лещатах. Позначити проксимальні контури обрізання та контури вікон. Надрізати гільзу електропилою

по маркованих лініях, не торкаючись поверхні внутрішньої гільзи. Прогріти заглиблення електрофеном і обережно прорізати ножом. Ламінат на місцях вікон вилучити. Прибрати гіпс із порожнини внутрішньої гільзи. Вийняти внутрішню гільзу. Вирізати на внутрішній гільзі вікна для вивільнення м'яких тканин, ліктьового відростка (*olecranon*) і надвіростків плечової кістки (*lateral epicondyle, medial epicondyle*). Обробити вздовж контурів обрізання зовнішньої гільзи. Вилучити ламінат на торці гільзи.

### **Складання протеза**

Вилучити ламінат на місці виходу з'єднувальної трубки. Установити внутрішню гільзу в зовнішню. Приєднати променезап'ятковий вузол до кільця для ламінації, що встановлений у зовнішній гільзі. Приєднати насадку для занять спортом. За необхідності виготовити підтримувальний бандаж у формі «дев'ятки», доцільно для його виготовлення комбінувати еластичну й ремінну стрічки з метою зменшення обмежень для рухів під час фізичної активності. Для надійного утримання протеза може бути необхідне застосування еластичного силіконового бандажа на лікоть.

Провести з пацієнтом тренінги з протезом під час занять певним видом спорту, використовувати насадки за вказаним виробником призначенням. Спостерігати за станом кукси, у разі потреби коригувати індивідуальну частину протеза – приймальну гільзу.

### **3.3 Контрольні завдання**

1. Назвіть комплектувальні вироби для виготовлення протезів верхніх кінцівок.

2. Поясніть основні технологічні операції виготовлення гіпсової моделі та тестової гільзи під час виготовлення функціонального протеза після вичленення в променезап'ятковому суглобі.

3. Наведіть основні технологічні операції виготовлення внутрішніх гільз і несної гільзи та порядок складання функціонального протеза після вичленення в променезап'ятковому суглобі.

4. Поясніть основні технологічні операції виготовлення гіпсової моделі та тестової гільзи під час виготовлення функціонального протеза передпліччя.

5. Опишіть основні технологічні операції виготовлення внутрішніх гільз і несної гільзи та порядок складання функціонального протеза передпліччя.

6. Перелічіть основні технологічні операції виготовлення гіпсової моделі та тестової гільзи в процесі виготовлення функціонального протеза плеча.

7. Поясніть основні технологічні операції виготовлення внутрішніх гільз і несної гільзи та порядок складання функціонального протеза плеча.

8. Опишіть особливості виготовлення пасивних протезів передпліччя та плеча.

9. Наведіть основні технологічні операції виготовлення гіпсової моделі та тестової гільзи під час виготовлення пасивного протеза після вичленення плеча.

10. Поясніть основні технологічні операції виготовлення внутрішніх гільз і несної гільзи та порядок складання пасивного протеза після вичленення плеча.

11. Перелічіть основні технологічні операції виготовлення гільзи передпліччя з типорозмірним силіконовим вкладишем.

12. Опишіть основні технологічні операції виготовлення індивідуального силіконового вкладиша із замком для гільзи протеза передпліччя.

13. Поясніть основні технологічні операції виготовлення протеза передпліччя для занять спортом.

## 4 ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ПРОТЕЗУВАННЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

### 4.1 Оцінювання якості протезування верхніх кінцівок

Результат протезування після ампутації верхніх кінцівок вважається ефективним, якщо повністю або частково відновлено функцію кінцівки й усунуто косметичний дефект. У широкому сенсі ефективність протезування оцінюється залежно від ступеня відновлення здатності до самообслуговування, працездатності пацієнта, повернення до суспільно корисної праці й активного життя. Ефективне використання протезів зумовлюється анатомо-функціональними можливостями кукси, тренуваністю пацієнта, якістю припасовування, правильністю вибору конструкції протеза верхніх кінцівок, а також протезуванням, зважаючи на індивідуальні особливості. Оцінка результатів протезування може бути подана як дуже сприятлива, сприятлива і несприятлива. У разі дуже сприятливого результату має бути забезпечено повне відновлення працездатності, повернення пацієнта до колишньої професії. За сприятливого результату протезування спостерігають часткове відновлення здатності до праці й самообслуговування. Нерідко для цього потрібне професійне перенавчання. Несприятливу оцінку необхідно дати в тому разі, коли немає відновлення рухової функції за допомогою протеза. Безпосередній результат протезування оцінюють після видачі пацієнтові протезів і завершення навчання користуватися ними.

Клінічне оцінювання результатів протезування після ампутацій верхніх кінцівок починається з перевірки схеми побудови протеза й відповідності його технічним вимогам. Перевіряючи пристрій на медичну й технічну якість, звертають увагу на зовнішній вигляд протеза й кріплень. Зокрема на прилягання гільзи до культі, надійність фіксації протеза, а в косметичному плані – на відповідність штучної кисті до форми й кольору здорової руки. У робочих протезах оцінюють можливість зміни насадок, а в пристроях із системою керування рухами тіла перевіряють, за наявності динамометра, зусилля на тязі для розкриття кисті, яке мало б перевищувати 8–10 кг. Відстань між I і II пальцями має бути в межах 4–7 см, залежно від типорозміру кисті. Перевіряють силу схоплення предметів пензлем. Критерієм є сила схоплення кисті протеза для утримання олівця на папері. У вимірюванні динамометром сила має бути не меншою за 600–800 г.

Далі перевіряють рухливість у ліктьовому вузлі, можливість фіксації та розфіксації, змінення режимів роботи ліктьового вузла за допомогою перемикача. Згинання передпліччя має здійснюватися до кута  $45^\circ$ , а розгинання – до  $165^\circ$ .

Перевіряють можливість пасивної ротації плеча й передпліччя, стежачи за тим, щоб вона не була надмірно вільною або, навпаки, «тугою». Фланець кисті необхідно встановити так, щоб кисть можна було від'єднати від передпліччя в функціонально вигідному положенні.

У процесі надягання протеза на пацієнта й кріплення перевіряють розташування верхнього краю гільзи, розподіл тиску на куксі, розташування елементів кріплення, надійність фіксації протеза на куксі, загальну довжину протеза й за сегментами. Перевіряють можливість керування протезом. Якщо в пристрої пахвова петля чинить надмірний тиск, роблять відтяжку петлі тасьмою до пояса. Необхідно, щоб несна гільза протеза плеча разом з вузлом «лікоть – передпліччя – кисть» мала вертикальне положення, але не торкалася таза й стегон. Довжина протеза плеча має бути на 2 см коротша від довжини здорової руки.

#### **4.2 Оцінювання функціональності протезування верхніх кінцівок**

У процесі керування протезом пацієнт не має вдаватися до надмірних компенсаторних рухів тулуба, голови та кінцівок, але водночас має виконувати низку рухів, важливих для самообслуговування (піднесення кисті протеза до рота й розкриття кисті в цьому положенні, рух у вузлах, фіксація та розфіксація замка), одночасність виконання кількох рухів, наприклад згинання в ліктьовому вузлі та кисті. Потім визначають якість виконуваних побутових і трудових операцій і час, витрачений на них. Перевірка полегшується завдяки використанню спеціальних стендів (рис. 4.1).

Правильність виконання протезом функцій оцінюється в балах або позначкою «так» / «ні», швидкість руху – у хвилинах або секундах. Для об'єктивної клінічної оцінки якості протезів плеча та передпліччя з біоелектричним управлінням розроблені тести. Найбільш важливими з них є взяття й вивільнення предметів різної форми й величини з різних положень і за умови неоднакової віддаленості від пацієнта (визначення «робочого поля»), переміщення предметів у різних напрямках, можливість дозованих рухів пальцями кисті протеза (зокрема під час користування пінцетом або ножицями).

Різні за складністю виконання тести визначають ту чи іншу ступінь набуття навичок користування протезом, правильність його побудови, а зрештою – ефективність протезування.



а)

б)

в)

Рисунок 4.1 – Приклади стендів для виконання побутових операцій:

а – стенд з електрообладнанням (розетки, вмикачі, патрон для лампи тощо);

б – стенд віконно-двірний (клямки, дверні замки, ручки різної форми та ін.);

в – стенд сантехнічний (ручки водопровідного крана різної форми, крани перекриття води й газу тощо)

Одним із найпростіших тестів є *Box and Bloc* (ВВТ). ВВТ складається з дерев'яного ящика, розділеного перегородкою на два відсіки, і 150 блоків (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Тест ВВТ

Сутність ВВТ полягає в тому, щоб пацієнт перемістив по одному максимальну кількість блоків з одного відділення боксу в інше протягом 60 с. Коробку необхідно орієнтувати по довжині й розміщувати по середній лінії пацієнта, у цьому разі відсік, в якому лежать блоки, має бути орієнтований в бік руки, що піддається тестуванню. Щоб потренуватися й зареєструвати вихідні бали, тест рекомендовано починати з неураженої верхньої кінцівки. Крім того, на початку кожного етапу дозволений 15-секундний випробувальний період. Перед тестуванням пацієнтові необхідно повідомити, що пальці мають перетинати перегородку під час передачі блоків.

Підрахунок балів: пацієнти оцінюються на основі кількості блоків, перенесених з одного відділення в інше за 60 с. Більш високі бали вказують на кращу спритність рук. Під час виконання ВВТ спостерігач має знати, чи перетинають кінчики пальців клієнта перегородку. Блоки необхідно підраховувати тільки за умови дотримання цієї умови. Крім того, якщо одночасно передаються два блоки, буде зарахований лише один блок. Блоки, що випали за межі боксу після проникнення в перегородку, навіть якщо вони не потрапили в інше відділення, мають бути підраховані. За результатами досліджень, здорові дорослі чоловіки у віці від 20 до 80 років передають у середньому 77 блоків правою рукою і 75 блоків лівою впродовж 60 с. Здорові дорослі жінки у віці від 20 до 80 років переносять у середньому 78 блоків правою рукою і 76 блоків лівою.

Іншим прикладом є тест з переміщенням прищіпок для білизни (*Clothespin relocation task*). В оригіналі тест був методикою тренування осіб із протезами верхньої кінцівки, проте потім в чиказькому Інституті реабілітації його адаптували з метою використання для оцінювання ефективності роботизованих протезів кисті. Виконання цього тесту потребує наявності в протезі як мінімум двох рухів: відкриття-закриття кисті та супінація-пронація в кистьовому суглобі. Обстежуваний перебуває в положенні стоячи, рука з протезом опущена та розігнута в ліктьовому суглобі. Перед пацієнтом на рівні його тазостегнових суглобів розташований стандартний тренажер, що містить набір прищіпок із різними рівнями опору й коробку з трьома горизонтальними й вертикальним металевими стрижнями (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Тренажер *Clothespin relocation task*

Обстежуваний має перемістити три прищіпки з горизонтального стрижня на вертикальний, а потім повернути їх назад на горизонтальний стрижень. Під час виконання завдань не допускається відрив ступень від підлоги; реєструється час виконання завдання.

Тест дуже простий і як навчальний інструмент корисний, оскільки дає змогу пацієнтові виконувати повторювані скоординовані рухи схоплення та відкриття кисті разом із переміщенням руки в просторі для зміни орієнтації прищіпки. Операція може залучати всі суглоби руки від плеча, а також вимагає точності, щоб розташувати прищіпки над поперечиною та звільнити її. Тест особливо ефективний, оскільки випробуваному потрібно повернути прищіпку на  $90^\circ$ , перш ніж покласти її на іншу планку. Для цього необхідно використовувати більше одного суглоба. Якщо застосовувати компенсацію, тобто більш проксимальні суглоби, це дуже зрозуміло й спостерігачеві, й обстежуваному. Отже, якщо пацієнт вирішує використовувати відведення або приведення плеча для обертання прищіпки, а не обертання зап'ястя, цей рух стає очевидним. Комбінований час підйому й опускання становить  $12,23 \pm 2,83$  с для здорових суб'єктів.

Якість протезно-ортопедичної допомоги після ампутації верхніх кінцівок залежить не тільки від рівня розробок нових конструкцій і способів протезування, але й від методів і засобів, що дають змогу проводити реєстрацію та оцінювання функціональної ефективності системи «людина – протез верхньої кінцівки». Вивчення зазначеної системи методами біомеханічних досліджень надає всю можливу інформацію про дефекти протезування, і її використання допоможе обґрунтувати прийняття необхідних рішень, що сприяють підвищенню ефективності засобів реабілітації. Необхідно зазначити, що на сьогодні більшість працівників медичних кабінетів протезно-ортопедичних підприємств оцінюють якість протезування як на основі власного досвіду й суб'єктивних уявлень про рівень реабілітації, так і спираючись на думку пацієнта. Такий підхід не дає змоги дати обґрунтований висновок про якість протезно-ортопедичного забезпечення та про способи його підвищення. У цьому разі не враховуються індивідуальні особливості пацієнта та його дієздатність у системі «людина – протез верхньої кінцівки». Крім того, сучасні біомеханічні методи дослідження забезпечують вимір як параметрів, що відображають найбільш загальні особливості функціонування зазначеної системи, так і її локальних характеристик, що дають змогу відповісти на конкретні питання, наприклад, про стан навченості користування виробом.

Серед сучасних біомеханічних засобів реєстрації рухів системи «людина – протез верхньої кінцівки» широко застосовуються різні методи – найпростіші й дуже складні. Найбільш достовірні відомості про зазначену систему можна здобути за допомогою оптичних і оптоелектронних пристроїв, що забезпечують комплексну реєстрацію будь-якої кількості позначених точок на тілі, інформація може бути подана в будь-якій формі, зокрема зручній для математичного аналізу. У цьому разі використовуються системи рівнянь, що характеризують різні кінематичні параметри рухів як самого пацієнта, так і протеза.

Аналіз експериментального матеріалу дає змогу оцінювати енергетичні характеристики руху, якість виготовлення виробу й у процесі дослідження допомагає коригувати ті чи інші його параметри. До таких належать: довжина тяги, сила схоплення, міцність кріплення, місце розташування датчика (для біоелектричних протезів) та багато інших. Інформація, подана у вигляді електричних сигналів за допомогою різних перетворювачів, так само як і оптична, легко піддається комп'ютерному аналізу, зокрема діагностичному. Застосовувані для отримання цієї інформації різноманітні гоніо- й тензометричні комплекси, дають змогу визначати в реальному масштабі часу необхідні для кількісного аналізу параметри функціонування системи «людина – протез верхньої кінцівки», навіть кути у вузлах протезів, а також швидкості та прискорення, зусилля на тягах, характер розподілу навантажень на стінки гільзи й багато інших.

Крім перелічених вище досить складних, однак винятково інформативних методів, у практичній роботі можуть застосовуватися й більш прості, зручні в експлуатації методи, що не потребують для цього спеціальної кваліфікації. Наприклад, можна скористатися методикою тестових завдань – певними діями з імітаторами інструментів і предметів побутової та трудової діяльності різної величини, форми, ваги та пружності. Аналіз результатів виконання цих завдань дає змогу оцінити якість протезування, правильність припасування пристроїв, навченість пацієнта користуванню штучною кінцівкою. Приклад комплексу тестових завдань наведено в табл. 4.1. Якість у цьому випадку оцінюється часом, що витрачається на виконання конкретного випробувального (тестового) завдання, або кількістю помилок.

Таблиця 4.1

№ з/п	Завдання	Показник якості	Обладнання	Функціональність (допустимий рівень)			
				Біопротези		Керовані рухами тіла	
				передпліччя	плече	передпліччя	плече
1	2	3	4	5	6	7	8
1	утримати пальцями кисті вантаж: 500 г,...Nx500 г	вага максимального вантажу, який ще не висковзує з пальців кисті	гирі по 500 г	сила схоплення 300 г	350 г	600 г	500 г
2	максимально розігнути пальці	відстань між I та II пальцями	лінійка	75 мм	75 мм	50 мм	50 мм
3	виконати 10 повних циклів згинання-розгинання пальців кисті	час одного циклу	секундомір	2,2 с	2,4 с	1 с	1,5 с
4	перекласти кількість предметів (N) різної форми, щільності	час на виконання та кількість помилок (невдалих схоплень) та випадінь предметів у положеннях стоячи та сидячи	предмети: 1) циліндр скляний Ø 3 см; 2) брусок дерев'яний Н= 4 см; 3) кубик дерев'яний; 4) іграшка, що легко деформується; 5) брусок пінополіуретановий; 6) гиря 500 г; 7) брусок металевий Н= 4 см;	сидячи: t=150 с 5 помилок  стоячи: t=150 с 3 помилки	сидячи: t=175 с 1 помилка  стоячи: t=230 с 5 помилок	сидячи: t=180 с 8 помилок  стоячи: t=150 с 6 помилок	сидячи: t=290 с 6 помилок  стоячи: t=230 с 5 помилок
5	здійснити 10 змикань / розмикань бранш пінцета	час виконання, кількість випадінь пінцета, кількість вдалих спроб	пінцет, секундомір	17 с	17 с	15 с	23 с
6	перекласти пінцетом 7 монет різного діаметра	час виконання, кількість вдалих спроб	секундомір, монети різного діаметра	t=32 с 2 помилки	t=60 с 2 помилки	t=50 с 5 помилок	t=110 с 2 помилки

Кінець таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	написання тексту протягом 5 хв	кількість знаків, кількість випадів олівця (ручки)	аркуш, олівець (ручка), годинник	130 знаків	70 знаків	108 знаків	60 знаків
8	взяти протезом два предмети, що деформуються за обумовленого (різного) зусилля	виникла деформація чи ні	дві гумові іграшки, що видають звук у разі легкої деформації	МОЖЛИВО	МОЖЛИВО	МОЖЛИВО	МОЖЛИВО
9	розпізнати без зорового контролю величину трьох предметів заввишки 4, 3, 2, см	відсоткове відношення правильних відповідей щодо загальної кількості спроб (надається по 5 спроб на кожний предмет)	бруски дерев'яні заввишки 4, 3, 2, см	60%	45%	80%	40%
10	розпізнати без зорового контролю жорсткий та еластичний предмети, що вкладені в кисть	відсоткове відношення правильних відповідей щодо загальної кількості спроб (надається по 5 спроб на кожний предмет)	брусок дерев'яний Н=4 см, брусок пінополіуретановий Н=4 см	99%	95%	66%	60%

Завдання 4 щодо перекладання предметів виявляє можливість управління протезом у різних його положеннях і ступінь навченості пацієнта користуватися протезом. Завдання 5, 6 перевіряють уміння здійснювати координовані рухи протезованою кінцівкою, а також можливості штучної кисті дозовано переміщати пальцями. Цей тест визначає вміння пацієнта утримувати тривалий час у штучній кисті ручку або олівець, виконувати дії, що потребують точної координації рухів.

Пацієнтові пропонують протягом 5 хв переписувати будь-який текст або писати диктант. Інструктор зазначає кількість випадінь ручки (олівця) з кисті протеза. Після роботи підраховують кількість написаних знаків. Завдання 8, 9, 10 визначають «відчутні» можливості протеза. Пацієнт за непрямими ознаками ходу тяги, зусиллю на тязі тощо характеризує предмети.

Для оцінювання результатів протезування можна використовувати більш простий спосіб – аналіз анкет (опитувальників), заповнених пацієнтами в найближчі терміни після отримання протеза та користування ним у побуті й на роботі. Незважаючи на елементи суб'єктивізму, ця методика дає змогу виявляти особливості користування протезами, переваги й недоліки конструкції.

До більш інформативних належать опитувальники «Оцінювання діяльності після ампутації верхньої кінцівки» (*Activities Measure for Upper Limb Amputees*, або АМ-ULA), «Опитувальник користувача ортезом або протезом – функціональний стан верхніх кінцівок» (*Orthotics and Prosthetics Users Survey Upper Extremity Functional Status*, або ОПУС-UEFS).

Опитувальник АМ-ULA розроблений для дорослих і є оцінювальною шкалою з 18 пунктів, яку заповнюють клініцисти на підставі спостереження за діями людини з ампутованою кінцівкою. Виконання кожного з 18 функціональних завдань (наприклад, причісування, надягання та зняття майки, користування ложкою, набір номера телефону тощо) оцінюється відповідно до п'ятиох аспектів (ступінь, швидкість і якість виконання, корисність протеза, незалежність від допомоги сторонньої особи), у балах – від 0 до 4.

Різниця цього опитувальника від багатьох інших полягає в тому, що функціональні можливості обстежуваного оцінюються сторонньою особою на підставі реального спостереження за виконанням конкретних дій, а не на підставі самозвіту обстежуваного.

Опитувальник OPUS-UEFS призначений для дорослих, які користуються ортезами або протезами верхньої кінцівки. Він характеризує функціональний стан верхньої кінцівки та заповнюється безпосередньо обстежуваним. Опитувальник має 16 запитань (шість належать до категорії «обмеження», 10 – до емоційного стану пацієнта), оцінка за 5-бальною шкалою має високу психометричну якість.

### **4.3 Контрольні завдання**

1. Опишіть порядок оцінювання якості протезування верхніх кінцівок.
2. Наведіть приклади методів оцінювання функціональності протезування верхніх кінцівок.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Руководство по протезированию и ортезированию / А.Н. Кейер и др. – Санкт-Петербург, 1999. – 625 с.
2. Протезирование верхних конечностей: пособие для врачей и технического персонала протезно-ортопедических предприятий / А.Н. Кейер и др. – Санкт-Петербург, 2007. – 344 с.
3. Руководство по протезированию / под ред. проф. Н.И. Кондрашина. – Москва: Медицина, 1976. – 431 с.
4. Руководство ортопеда-техника: в 3 т. / под ред. Зеп Хайм. – Эмборн: Общество по техническому сотрудничеству Германии. Даг-Хаммерскйелд – Вер. III, 1991.
5. Технология протезно-ортопедических изделий: учеб. пособ. для средн. спец. учеб. заведений / под ред. А.П. Кужекина. – Москва: Легпромбытиздат, 1985. – 312 с.
6. Основы протезирования: учебное пособие / под ред. Г.В. Красюка и В.В. Семенца. – Харьков: ХТУРЭ, 2000. – 330 с.
7. Курс лекцій дистанційного навчання «Протезування та ортезування». Модуль III «Протезування верхніх кінцівок». – Нюрнберг, Німеччина (ISPO / HumanStudye.V. / DonBoscoUniversity), 2010.
8. Розробка конструкцій і технологій виготовлення приймальних гільз протезів верхніх кінцівок із застосуванням сучасних матеріалів з еластичними властивостями: звіт про науково-дослідну, дослідно-конструкторську роботу ВН 69.33 / керівник О.М. Литвиненко. – Харків: УкрНДІпротезування, 2017. – 68 с.
9. Удосконалення технологій виготовлення робочих протезів верхніх кінцівок відповідно до сучасних вимог: звіт про науково-дослідну, дослідно-конструкторську роботу ВН 69.47 / керівник О.М. Литвиненко. – Харків: УкрНДІпротезування, 2018. – 99 с.
10. Стандартизовані підходи щодо оцінки стану кукси та вибору конструкції протеза верхньої кінцівки: методичні рекомендації МР 03191680.078-2017 / О.М. Литвиненко та ін. – Харків: УкрНДІпротезування, 2018. – 31 с.
11. Оценка результатов протезирования верхней конечности / А.Н. Белова и др. // Медицина. – 2017. – № 3. – С. 85–107.
12. Електронний ресурс <http://www.touchbionics.ru/video.htmlI-limb>

13. Електронний ресурс <https://www.ottobockexport.com/ru/prosthetics/upper-limb/solution-overview/axon-bus-prosthetic-system-with-michelangelo-hand>
14. Каталог «HosmerDorranceCorporationcatalog», 1999.
15. Патент на винахід України № 120121 від 10.10.2019 «Спосіб виготовлення вкладиша до прийомної гільзи протеза передпліччя» / О.М. Литвиненко та ін.
16. Патент на винахід України № 93467 від 10.02.2011 «Спосіб виготовлення штучної кисті» / І.Л. Солнцева та ін.
17. Патент на винахід України № 80935 від 12.11.2007 «Спосіб виготовлення штучної кисті» / І.Л. Солнцева, Є.К. Гришко, Є.І. Чернов.
18. Патент на винахід України № 119197 від 10.05.2019 «Приймальна гільза для протеза передпліччя» / А.Д. Салєєва та ін.
19. Патент на винахід України № 100216 від 26.11.2012 «Штучна кисть протеза верхньої кінцівки» / О.О. Сазанов та ін.
20. Патент на винахід України № 82558 від 25.08.2008 «Штучна кисть» / А.А. Гоготов та ін.
21. Патент на винахід України № 92552 від 10.11.2010 «Протез передпліччя» / Є.А. Яровий та ін.
22. Патент на винахід України № 100215 від 26.11.2012 «Променезап'ястковий вузол протеза верхньої кінцівки» / О.О. Сазанов та ін.
23. Патент на винахід України № 78359 від 15.03.2007 «Ліктювий механізм протеза верхньої кінцівки» / В.С. Зарудний та ін.
24. Патент на винахід України № 74945 від 15.02.2006 «Ліктювий механізм протеза плеча» / А.Д. Салєєва та ін.
25. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / С.В. Павлов та ін. – Вінниця: Едельвейс і К, 2019. – 260 с.
26. Experience of the organization in Ukraine of the system of training of specialists for prosthetic industry according to international standards / V. Semenets et al. *New Collegium*. – 2021. – № 1(103). – P. 19–28. – URL: <https://doi.org/10.30837/nc.2021.1.19>
27. Досвід організації в Україні системи підготовки фахівців з протезування та ортезування за сучасними міжнародними стандартами / О.Г. Аврунін та ін. // Реабілітація та протезування/ортезування ХХІ століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності: матеріали науково-практ. конф. з міжнародною участю. – Харків: УкрНДІпротезування, 2021. – С. 54–57.

28. Аврунін О.Г. Співробітництво між Харківським національним університетом радіоелектроніки та УкрНДІпротезування з підготовки фахівців з вищою освітою для протезної галузі // Досягнення та перспективи реабілітації, підвищення функціональних можливостей і якості життя осіб з ураженнями опорно-рухової системи: зб. наукових праць за матеріалами науково-технічної конференції. – Харків: УкрНДІпротезування, 2017. – С. 101–104.

29. Аврунін О.Г., Жемчужкина Т.В., Носова Т.В. Автоматизированный анализ количественных показателей треморографических данных для наблюдения динамики тремора // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 2. – № 2 (50).

30. Можливості 3D-контенту при фізичній реабілітації в дистанційному режимі / О.Г. Аврунін та ін. // Реабілітація та протезування / ортезування ХХІ століття: матеріали науково-практ. конф. з міжнародною участю. – Харків: УкрНДІпротезування, 2021. – С. 143–145.

31. Шпакович Ю.С., Жемчужкина Т.В., Носова Т.В. К вопросу о применимости методов анализа электромиографических сигналов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2017. – № 21 (1243). – Р. 117–123. – URL: <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2017.21.10>

32. Application of EMG-signal phase portraits for differentiation of musculoskeletal system diseases / T.V. Zhemchuzhkina et. al. Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. – 2019. – 1117632 (6 Nov. 2019). – URL: <https://doi.org/10.1117/12.2537338>

33. Бых А.И., Жемчужкина Т.В., Носова Т.В. Поиск информативных количественных показателей электромиографического сигнала. Сообщение 1 // Бионика интеллекта. – 2007. – Т. 1 (66). – С. 118–125.

34. Носова Т.В., Жемчужкина Т.В., Радченко В.И. К вопросу моделирования электромиографического процесса // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Вып. 5/5 (35). – С. 33–36.

35. Анализ электромиографического сигнала для контроля усталости мышц в режиме реального времени / В.С. Чумак и др. // Матеріали 23-го Міжнародного молодіжного форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – Т. 1. – С. 241–244.

36. Селиванова К.Г., Тымкович М.Ю., Аврунін О.Г. Внедрение multi-touch технологии для реализации интерактивного тестирования в психоневрологии // Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів:

матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції. – Кременчук: КРНУ, 2018. – С. 121–122.

37. Селиванова К.Г. Компьютерная система интерактивного тестирования психомоторики // Полиграфические, мультимедийные и web-технологии. Тезисы докладов I Международной науч.-техн. конф. – Харьков: ХНУРЭ, 2016. – Т. 1. – С. 81–82.

38. Селиванова К.Г., Худайбердиев В. Виртуальный тренажер для развития мелкой моторики рук // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения: материалы Всеукр. науч.-техн. конф. – Харьков: ФОП Панов А.М., 2016. – С. 68–69.

39. Селиванова К.Г., Аврунин О.Г., Семенец В.В. Разработка интерактивных тестов для оценки уровня развития мелкой моторики // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2014. – № 1143, Вип. 6. – С. 72–72.

40. Селиванова К.Г., Иванченко Ж.Б., Аврунин О.Г. Биотехническая система диагностики состояния мелкого моторного развития // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып.: «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2015. – № 39 (1148). – С. 78–82.

41. Аврунин О.Г., Селиванова К.Г. Разработка метода автоматизированного тестирования мелкой моторики ведущей руки на графическом планшете // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – Харьков: ХНУРЭ, 2013. – Т. 12. – № 3. – С. 459–465.

42. Селиванова К.Г. Возможности исследования тонкой моторики рук в динамике с помощью графического планшета // Сборник материалов докладов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы», Биомедсистемы. – 2012. – С. 164–166.

43. Selivanova K., Avrunin O., Kazimirov N. Determination of the basic parameters of sensor devices for the implementation of psychoneurological research with the introduction of multitouch technology // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. – 2020. – No. 1 (11). – P. 147–155. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.147>

44. Virtual training system for tremor prevention / K.G. Selivanova et al. // Information Technologies in Medical Diagnostics II – Editor by Wojcik, Pavlov, Kalmodaev, 2019. – P. 9–14.

45. Biometric Hand tremor identification on graphics tablet / K.G. Selivanova et al. // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, Proceeding of SPIE. – 2019. – No. 7. – 111762H.

46. The tracking system of a three-dimensional position of hand movement for tremor detection / K.G. Selivanova et al. // Proc. SPIE 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments. – 2020. – Vol. 115810I (14 October 2020). – URL: <https://doi.org/10.1117/12.2580330>

47. Computer-aided system for interactive psychomotor testing / K.G. Selivanova et al. // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments. Proc. of SPIE – Proceedings. – 2017. – Vol. 10445. – 104453B.

48. Avrunin O.G., Selivanova K.G., Farouk Ismail S. Husham. A method of computer testing of the level of development of graphic skills // International Journal of Computer Science and Engineering. – 2014. – No. 3 (2). – P. 19–26.

49. Avrunin O.G., Selivanova K.G. Computer system for testing of fine motor skills // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: матеріали V міжнародної науково-технічної конференції. – Полтава: Наукове видання, 2016. – С. 44.

50. Селиванова К.Г. Методика исследования индивидуальных особенностей тонкой моторики кистей рук // Медицинские приборы и технологии: международный сборник научных статей. – 2013. – Вып. 5. – С. 178–181.

51. Селиванова К.Г. Экспериментальное исследование тонкой моторики рук с помощью цифрового графического планшета // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып. «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – № 18 (991). – С. 137–143.

52. Селиванова К.Г., Аврунин О.Г., Евстратов Н.Д. Использование цифрового графического планшета для тестирования индивидуальных особенностей мелкой моторики рук // Функціональна база наноелектроніки: зб. наук. праць VI Міжнародної наукової конференції. – 2013. – С. 266–269.

53. Selivanova K.G., Avrunin O.G. Method of hand movement testing on graphic tablet // Biomedical engineering: I Russian-German conference on Biomedical engineering (RGC-2013), October, 23rd – 26th: proceedings of conference. – Hannover, Germany, 2013. – P. 58.

54. Резуненко К.І., Носова Т.В., Жемчужкіна Т.В. Реабілітаційна система для людей з обмеженими можливостями // Класичні та прикладні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків, 2020. – С. 187–190.

55. Казимиров Н.А., Селиванова К.Г. Разработка виртуальной системы записи движений рук для определения тремора // Матеріали 23-го Міжнародного молодіжного форуму. – Харків: ХНУРЕ. – 2019. – Т. 1. – С. 167–168.

56. Селиванова К.Г., Казимиров Н.А. Разработка программного модуля видеорегистрации движений рук для определения типа тремора // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019. – Харків, 2019. – С. 49.

57. Селіванова К.Г., Тимкович М.Ю. Проектування телемедичної системи об'єктивізованої оцінки тремору рук із зовнішнім кінестетичним впливом // Медико-психологічні та інформаційні аспекти реабілітації і абілітації людини: зб. наук. праць / за заг. ред. заслуженого лікаря України, проф. О.А. Панченка. – Київ: КВІЦ, 2020. – С. 255–257.

58. Герман Т.В., Селіванова К.Г. Розробка тестів на лапароскопічному тренажері для виявлення тремору у хірургів // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»: зб. матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – Т. 1. – С. 135–136.

59. Григорович С.В., Селіванова К.Г. Неінвазивний метод діагностування синдрому зап'ястного каналу // 25-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»: зб. матеріалів форуму. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – Т. 1. – С. 173–174.

60. Аврунин О.Г., Селіванова К.Г. Биомеханическая модель функционирования мышц для определения двигательных нарушений // Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем: колективна монографія / за ред. О.В. Горика., С.Б. Ковальчука. – Полтава: Сімон, 2015. – С. 7–10.

61. Селіванова К. Г. Використання методів комп'ютерного зору для детектування рухів рук людини під час тестування у неврології // Медико-психологічні аспекти реабілітації й абілітації в епоху турбулентності: зб. наук. праць / за заг. ред. заслуженого лікаря України, проф. О.А. Панченка. – Київ: КВІЦ, 2021. – С. 277–279.

62. Селиванова К.Г. Оценка исследований мелкой моторики рук в динамике с применением графического планшета // Радиоелектроника и молодежь в XXI веке: сборник материалов докладов. – 2013. – С. 218–219.

63. Селіванова К.Г. Застосування методів комп'ютерного зору для детектування динамічних характеристик рухів людини // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доповідей VII Міжнар. наук.-техн. конф., 17–21 травня 2022 р. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – Т. 1. – С. 66–67.