

УДК 681.784.7:615.849.19

Ю. О. ПИЛИПЕЦЬ, С. В. ПАВЛОВ, Я. І. ЯРОСЛАВСЬКИЙ,
С. В. КОСТЮК, О. С. ВОЛОСОВИЧ, В. В. ЛЕВИЦЬКИЙ

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНІЙ СФЕРІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ, ЛІКУВАННЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

*Військово-медичний клінічний центр Центрального регіону, м. Вінниця, Україна, e-mail:
y.horanchuk@med.mil.ua*

*Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна
Національний університет «Одеська Політехніка», ДП «Вінницький науково-дослідний та
проектний інститут землеустрою», ТОВ "ДАЙТЕКС", м. Вінниця
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна*

Анотація. В умовах сьогодення впровадження телемедицини є ключовим напрямком системи охорони здоров'я всього світу. Адже сучасні телемедичні рішення дозволяють забезпечувати надання повного спектру медичних послуг на відстані, а саме консультації, діагностику та лікування з подальшим відслідковуванням динаміки, зменшуючи витрату часу та підвищуючи ефективність роботи. Саме тому застосування телемедичних технологій відіграє важливу роль та покращує якість отримання кваліфікованої медичної допомоги, особливо у випадках діагностування поранення, травм та хвороби військовослужбовців.

Ключові слова: застосування телемедичних технологій, система охорони здоров'я, телеметрія, телереабілітація, військовослужбовець.

Abstract. In today's conditions, the implementation of telemedicine is a key direction of the health care system of the world. After all, modern telemedicine solutions make it possible to provide a full range of medical services at a distance, namely consultations, diagnostics and treatment with further monitoring of dynamics, reducing time consumption and increasing work efficiency. That is why the use of telemedicine technologies plays an important role and improves the quality of receiving qualified medical care, especially in cases of diagnosing wounds, injuries and illnesses of military personnel.

Key words: application of telemedical technologies, health care system, telemetry, telerehabilitation, military man.

DOI: 10.31649/1681-7893-2024-47-1-166-176

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

З розвитком цифрових технологій постачальники медичних послуг тепер можуть пропонувати дистанційні консультації, віртуальні візити та віддалений моніторинг пацієнтам по всьому світу. Цей перехід до телемедицини не тільки покращив доступність і зручність для пацієнтів, але й допоміг постачальникам медичних послуг оптимізувати свою роботу та зменшити витрати [1,2].

Незважаючи на свої потенційні переваги, телемедицина все ще стикається з проблемами, включаючи обмежене охоплення, вищі початкові витрати та неможливість ідеально налаштувати робочі процеси. Крім того, вона не є загальнодоступною. Однак за допомогою нових технологій майбутнє за телемедициною. Ця тенденція може тільки посилюватися з часом, і якщо прагнути втілити її в реальність, вона буде широко використовуваною та поширеною [3,4,5].

З початку повномасштабної війни, в Україні набирає обертів застосування телемедичних рішень в системі охорони здоров'я, зокрема і у військовій сфері.

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

Телемедицина в цих умовах особливо цінна, оскільки вона забезпечує доступ до медичної допомоги тим, хто перебуває в небезпеці. Умови та способи ведення бойових дій адаптують технічні реалізації таких технологій. Розробляються стратегії розбудови та проекти впровадження телемедицини на рівні держави, що вказують на популярність телемедичного напрямку [6,7,8].

Важливо, що сучасні телемедичні технології можуть бути застосовані у всіх медичних взаємодіях військовослужбовця, від консультації до реабілітації [9,10].

Лікувальні та реабілітаційні установи Вінницької області планується об'єднати в єдину телемедичну мережу, завдяки якій пацієнти будуть мати можливість для отримання оперативної консультації фахівців будь-якого рівня, в т.ч. і провідних медиків області, України, ближнього і далекого зарубіжжя. Лікарі, використовуючи телемедичну мережу, отримують можливість підвищення кваліфікації за допомогою дистанційного навчання, безпосередньо на їх робочому місці.

Мета дослідження. Підтвердження актуальності застосування телемедичних технологій для діагностування військовослужбовців.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Телемедицина є важливим інструментом, який можна використовувати в різноманітних ситуаціях, включаючи зони бойових дій. За визначенням, телемедицина – це використання медичної інформації, що передається з одного місця на інше через електронні засоби зв'язку, для покращення стану здоров'я пацієнта. У зоні бойових дій телемедицина може бути використана для надання медичної допомоги пораненим або хворим солдатам, а також для надання психологічної підтримки солдатам, які переживають бойовий стрес.

В Україні реалізуються гуманітарні проекти, що включають в себе телемедичні консультації з вибухо-вогнепальних та опікових травм, консультативні мережі з пристроями віртуальної присутності лікаря з пацієнтом, телемедичні платформи реабілітації, тощо (рис. 1).

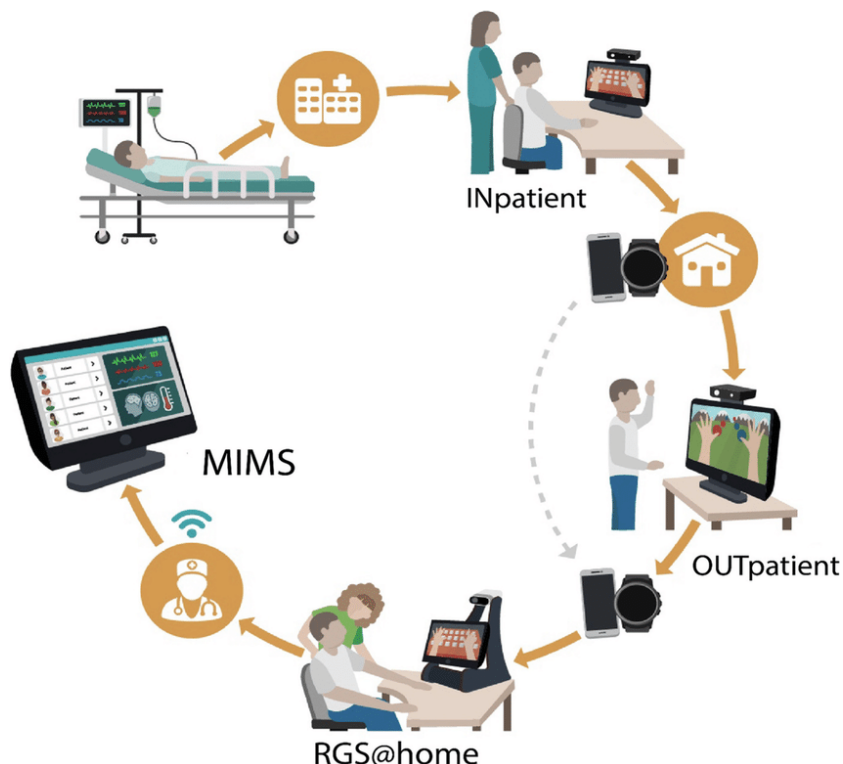


Рисунок 1 – Платформа RGS та її використання під час шляху пацієнта до одужання

Застосування телемедичних консультацій дозволяють швидко та завчасно виконати профілактику або попередити загострення різних хвороб. Технології телемедицини можуть покращити результати лікування військовослужбовців, особливо хронічних захворювань. Завдяки дистанційному моніторингу надавачі медичних послуг можуть відстежувати стан здоров'я військовослужбовця та

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

вчасно втручатися, коли це необхідно. Такий проактивний підхід може зменшувати повторну госпіталізацію, покращити прихильність до лікування та загальний стан здоров'я військовослужбовців.

Завдяки спеціалізованим телемедичним системам можливо:

- здійснювати фото- та відеофіксацію складних оперативних втручань на передовій;
- здійснювати постійну взаємодію з провідними фахівцями на всіх етапах медичної евакуації;
- забезпечувати безперервний зв'язок в будь-якому місці, незалежно від місцевості та погодних умов;
- швидке та точне забезпечення телеметрії життєвоважливих показників здоров'я військовослужбовців тощо. Ці дані використовуються для сортування пацієнта та створення програми лікування та реабілітації на ранній стадії діагностики та оцінки травми.

Також провідне місце займає реабілітація військовослужбовців, де оперують терміном «телереабілітація». Кількість людей, що зазнають поранень та ампутацій збільшується, тому і запит на такі послуги зростає. На сьогодні багато медичних закладів мають змогу використовувати телемедичні технології для надання реабілітаційної допомоги, що дають змогу фахівцям здійснювати дистанційний моніторинг стану пацієнта, створювати та здійснювати контроль за реабілітаційним планом, наданими рекомендаціями, що значно підвищує ефективність та поліпшення динаміки реабілітації.

Однією із систем телереабілітації вже була доведена ефективність в Україні. Це гейміфікована (ігрова) система телереабілітації RGS (The Rehabilitation Gaming System)

RGS — це хмарна система для надання реабілітації з розширеним штучним інтелектом за допомогою віртуальної реальності, захоплення руху та переносних пристроїв, які можна використовувати всюди. Основні принципи втручання RGS, заснованого на теорії мозку, полягають у виконанні реабілітаційних вправ у формі втілених, орієнтованих на ціль і конкретних завдань дій.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ

Телереабілітаційна система дозволяє пацієнтам з травмами та порушеннями мозкової діяльності отримувати ефективну персоналізовану нейрореабілітацію за допомогою ігрової форми та якнайшвидше повернутись до нормального життя.

Насамперед, телемедицина – це використання медичної інформації, що передається з одного місця на інше через електронні засоби зв'язку, для покращення стану здоров'я пацієнта. Телемедицина тепер передбачає використання сучасних технологій і телекомунікацій для лікарів, щоб відвідувати своїх пацієнтів у віртуальний спосіб, як правило, через відео в реальному часі або за допомогою нерухомих зображень, зроблених і збережених для довідки пацієнта. Використання технологій для надання медичних послуг на відстані стає все більш важливим у сучасній медицині з кількох причин:

- **Покращений доступ до медичної допомоги:** телемедицина дозволяє пацієнтам отримувати консультації від лікарів та спеціалістів без необхідності подорожувати на великі відстані.
- **Зручність:** пацієнти можуть консультуватись з лікарями зручно з дому за допомогою смартфонів, комп'ютерів чи інших цифрових пристроїв.
- **Економічна вигода:** телемедицина дозволяє зменшити витрати на медичні послуги, оскільки вона зменшує необхідність у подорожах і госпіталізаціях.
- **Підвищена ефективність:** технології телемедицини дозволяють оптимізувати робочі процеси, керувати записами на прийоми ефективніше і зменшувати час очікування для пацієнтів.
- **Дистанційний моніторинг:** телемедицина дозволяє постійно моніторити пацієнтів з хронічними захворюваннями або тими, що відновлюються після операцій, вдома, що сприяє ранньому виявленню ускладнень та своєчасній інтервенції.

Телемедицина відкриває нові можливості у сфері надання медичних послуг, забезпечуючи доступність, зручність і ефективність у лікуванні пацієнтів.

На сьогодні розділяють моделі використання телемедичних технологій. Найпоширенішим з них є використання **в реальному часі**. Ця модель показує, що пацієнт, лікар і спеціаліст можуть одночасно спілкуватися разом, щоб отримати найкращий результат для пацієнта. Режим реального часу можна використовувати для консультацій у лікарнях або амбулаторних спеціалістів, а також під наглядом лікаря клініциста.

Store and Forward — це один тип використання. Тут, наприклад, первинний лікар і спеціаліст недоступні для відеоконференції одночасно. Потім дані про пацієнта зберігаються за допомогою диктування, фотографій, відео та рентгенологічних зображень і пересилаються до спеціаліста. Ця інформація може бути розміщена на сервері, щоб фахівець отримав доступ і запропонував діагностику та план лікування.

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

Домашня телемедицина - 1. Діагностико-лікувальні прилади, що інтегруються за допомогою домашнього персонального комп'ютера і призначені для надання медичної само- та взаємодопомоги в побутових умовах. 2. Різновид моніторингу - діагностичні системи для збору, накопичення та дистанційної передачі інформації про стан тих чи інших фізіологічних параметрів пацієнта, що перебуває на амбулаторному лікуванні.

Якщо виникає необхідність тривалого (місяці, роки) спостереження за станом пацієнта (хронічні, онкологічні тощо захворювання), то використовують системи побутового (внебольничного) моніторингу. Пацієнт постійно носить на собі датчики (в даний час розроблені датчики у вигляді годинників, ювелірних прикрас, пряжок і т.д.), інформація з яких передається на встановлений вдома підсилювач, а через нього - в комп'ютер лікувального закладу. У разі грубого порушення тієї чи іншої функції відбувається автоматичне оповіщення лікаря і виклик бригади "Швидкої допомоги". Крім того, для самодіагностики і надання невідкладної допомоги під контролем віддаленого лікаря-фахівця використовуються системи домашньої телемедицини.

З початку повномасштабної війни, в Україні набирає обертів застосування телемедичних рішень в системі охорони здоров'я, зокрема і у військовій сфері. Телемедицина в цих умовах особливо цінна, оскільки вона забезпечує доступ до медичної допомоги тим, хто перебуває в небезпеці. Умови та способи ведення бойових дій адаптують технічні реалізації таких технологій. Розробляються стратегії розбудови та проєкти впровадження телемедицини на рівні держави, що вказують на популярність телемедичного напрямку.

Кілька основних можливих напрямків використання телемедичних технологій у військово-медичній сфері

- **Телемедицина на передовій:** У зоні бойових дій військові медики можуть використовувати телемедицину для консультацій з військовими лікарями або цивільними спеціалістами на відстані. Це дозволяє швидше і точніше діагностувати та лікувати поранених. Наприклад, у вертольотних медичних евакуаційних бригадах (medevac) зазвичай є можливість вести відеоконсультації з військовими хірургами ще до прибуття поранених у медичні установи.
- **Медичні телеконсультації:** Військові медики можуть отримувати консультації зі штабу або з медичних центрів, що знаходяться за межами зони бойових дій, що дозволяє отримати експертну допомогу у вирішенні складних медичних ситуацій.
- **Телемедицина для евакуації поранених:** Під час евакуації поранених з поля бою можуть використовуватись телемедичні засоби для надання медичної допомоги і зв'язку з військовими лікарями або лікарнями. Також під час транспортування поранених до лікарень або медичних постів можуть використовуватись спеціалізовані моніторингові системи, які передають дані про життєво важливі функції поранених медичному персоналу у реальному часі. Це дозволяє забезпечити належну медичну підтримку ще до прибуття у лікарню.
- **Моніторинг стану поранених:** За допомогою віддалених моніторів здоров'я та біомедичних датчиків військові медики можуть в реальному часі відстежувати стан поранених, що дозволяє реагувати на погіршення стану та вчасно здійснювати медичну інтервенцію.
- **Тренування і навчання:** Телемедицина використовується для тренування військових медиків, підвищення їх кваліфікації і навчання нових методів надання медичної допомоги. Військові медики можуть отримувати навчання та підвищувати свої навички за допомогою відеоконференцій та спеціалізованих платформ навчання. Наприклад, військові лікарі можуть навчатись новим методам лікування поранених або використанню нових медичних технологій в реальному часі.
- **Медичні консультації з цивільними спеціалістами:** В деяких випадках може знадобитися консультація з цивільними медичними експертами або спеціалізованими центрами під час лікування військових осіб. Телемедицина дозволяє швидко і ефективно отримувати експертні рекомендації з лікування.
- **Управління медичними ресурсами і планування:** Телемедицина також допомагає управляти медичними ресурсами і планувати медичні зусилля у військових операціях. Вона дозволяє координувати медичні відправлення, розподіляти ресурси та забезпечувати ефективну медичну підтримку на передовій.

Ці приклади ілюструють різноманітність застосування телемедицини в військовій сфері, що сприяє покращенню медичної допомоги, зниженню часу реакції і підвищенню результативності в умовах військових конфліктів та надзвичайних ситуацій.

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

Інструменти і можливості телемедицини мають багато переваг, таких як економія часу як для пацієнтів, так і для медичних працівників. Надання допомоги під час стихійних лих, покращення якості медичних послуг і підвищення задоволеності пацієнтів військовою медициною. Сьогодні телемедицина широко використовується у військовій медицині розвинених країн світу. Поточні результати аналізу свідчать, що для успішного застосування телемедицини потрібні передові інформаційні технології телемедицини. У зв'язку з нагальними потребами та важливістю часу для надання деяких медичних послуг, використання синхронних (в режимі реального часу) медичних послуг, пропонується використання синхронних (в режимі реального часу) плюс асинхронних (зберігати і пересилати) методів телемедицини (гібридний метод). У зв'язку з екстремними потребами і важливістю часу для надання деяких послуг, такі технології вимагають специфічної інфраструктури, такої як високошвидкісні національні та всесвітні веб-мережі, підвищеної пропускну здатності та сучасне медичне обладнання.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗРОБЛЕННЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ (ВОКЗ) – БАЗОВОЇ КОНСТРУКТИ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМ

В основі телемедичних систем лежать базові робочі станції (БРС), об'єднані каналами зв'язку. БРС – це комплекс апаратно-програмних засобів, що представляє собою багатопрофільне і багатозадачне робоче місце фахівця з можливостями обробки основних видів медичної інформації, а також проведення телеконференцій [3, 12]

За базовою структурою телемедичні системи можна спрощено розділити на дві групи: системи для віддаленого консультування, діагностики та навчання, а також системи віддаленого моніторингу життєвих функцій (біотелеметричні системи). Структура систем першого типу представлена на рис.2, другого – на рис.3.

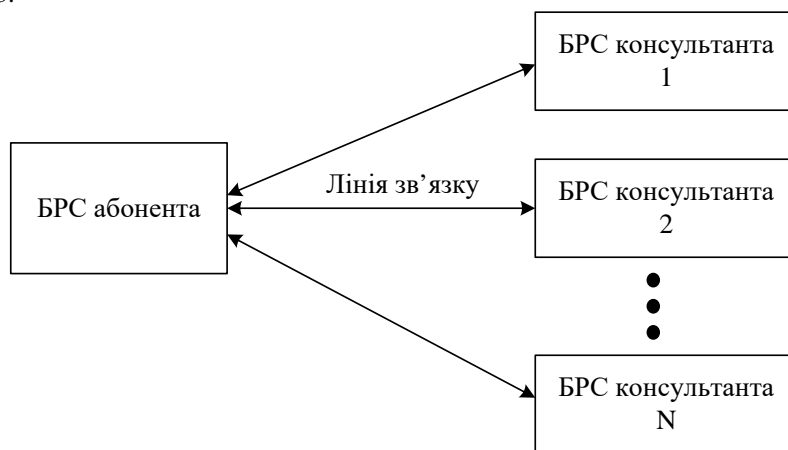


Рисунок 2 Спрощена структура системи віддаленого консультування [3], [12]

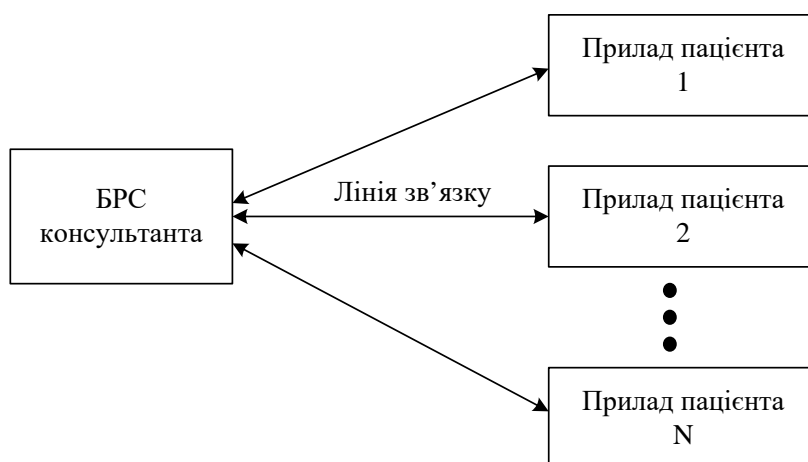


Рисунок 3 – Спрощена структура системи біотелеметрії [3], [12]

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

На практиці, ці базові структури можуть мати досить складну топологію, бути наповнені різноманітною функціональністю, а також з'єднатися в мережі з різним ступенем ієрархії. Наприклад, канал зв'язку може бути комбінованим і складатися з пристроєм ближнього зв'язку, такого як WiFi, і оптоволоконної лінії, що є частиною мережі інтернет. У свою чергу, самі локальні телемедичні системи можуть бути об'єднані в більш великі структури з різних класичним топологічним схемами, наприклад зірка, тощо.

Однак, незважаючи на все різноманіття телемедичних систем, для них характерні типові операції, пов'язані з отриманням, обробкою, поданням і передачею інформації. У загальному вигляді структуру, що здійснює обробку і передачу інформації, телемедичної системи можна представити в такий спосіб (рис. 4) [3,12].

Тут, на вхід надходить аналоговий векторний сигнал (повідомлення) $X(t)$, з довільного джерела, наприклад, мікрофона, відеокамери, медичного діагностичного приладу, який далі дискретизується, квантується і кодується.

Далі сигнал в цифровій формі подається на пристрій попередньої обробки повідомлень. Типовими операціями попередньої обробки є фільтрація, стиснення сигналу, а також обчислення характеристик сигналу. Остання операція може бути використана, якщо одержувача не цікавить вихідний сигнал, а тільки окремі його параметри. Крім того, обчислення характеристик сигналу дає можливість згрупувати потоки повідомлень відповідно до їх динамічних характеристик. Пристрій угруповання потоків повідомлення формує загальний каналний сигнал, який надходить на пристрій завадостійкого кодування і, далі, в передавальний пристрій, де модулює несучу. Поширюючись по каналу, який передається сигнал спотворюється шумами і перешкодами, які мають як адитивну, так мультипликативну складову, і надходить на пристрій декодування, після якого відбувається виділення повідомлень джерел. З огляду на те, що сигнал при передачі може спотворюватися, в пристрої відбраковування і фільтрації проводиться виключення аномальних значень повідомлень, а також додаткова фільтрація. На останньому етапі обробки відбувається відновлення вихідних сигналів і обчислення характеристик сигналів, необхідних користувачеві. При побудові інформаційного каналу телемедичної системи алгоритми і пристрої, що їх реалізують, оптимізуються під вирішення основного завдання - отримання від об'єкта і доставки споживачеві необхідної кількості інформації із заданою точністю.

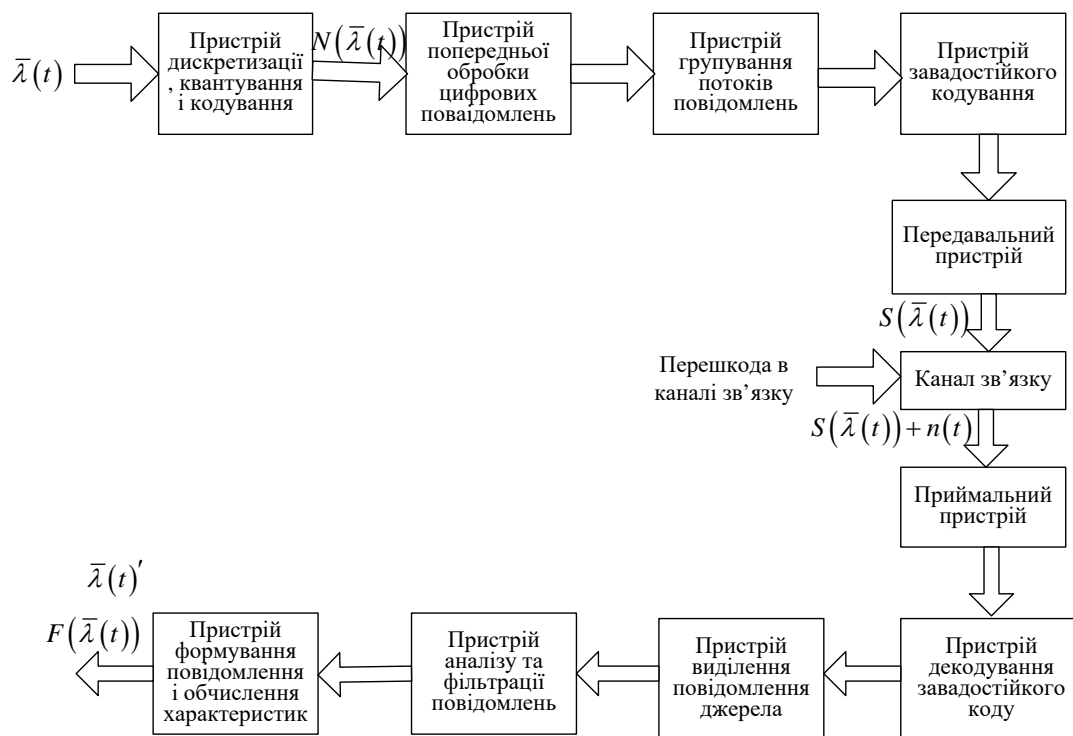


Рисунок 4 – Модель інформаційного каналу телемедичної системи

Запропоновану модель покладено в основу волоконно-оптичного каналу зв'язку, узагальнена структурна схема якого представлена на рис.5.

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

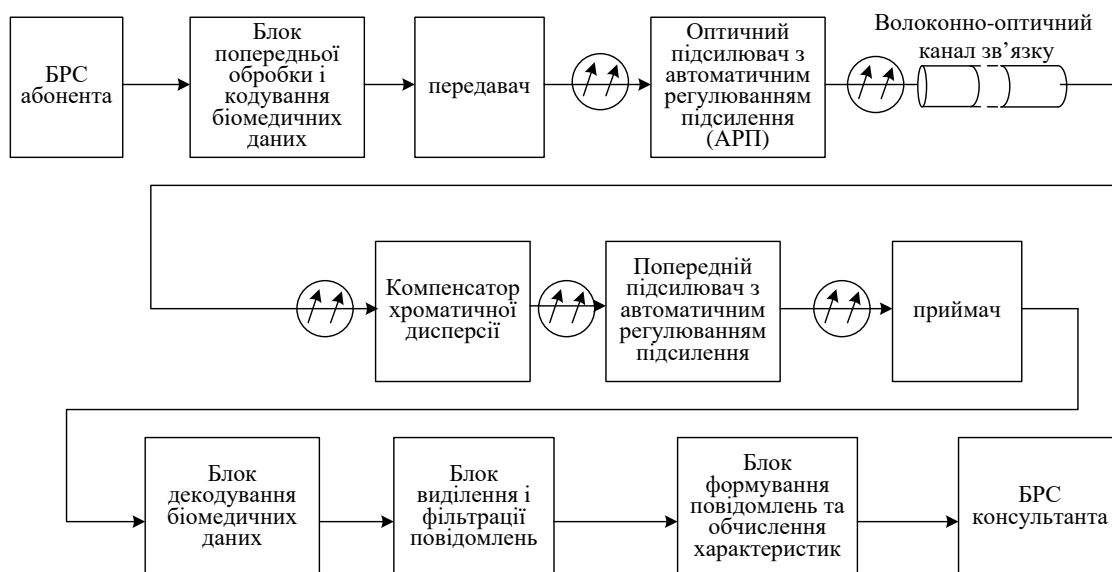


Рисунок 5 – Узагальнена структурна схема волоконно-оптичного каналу зв'язку для обміну телемедичною інформацією

Базова робоча станція абонента (консультанта) представляє собою, як правило, апаратно-програмний комплекс (АПК) фахівця з можливостями збору, попередньої обробки, аналізу, структурування та кодування (декодування) біомедичних даних. Одночасно БРС виконує функції спеціалізованого автоматизованого робочого місця (АРМ) фахівця, яке входить до структури закладу охорони здоров'я і використовується для проведення телемедичних консультацій, відео консилиумів, відео конференцій тощо.

До складу БРС абонента входять також комплекс діагностичної апаратури з пристроями вводу даних до комп'ютера абонента, власне сам комп'ютер, засоби реєстрації і відображення біомедичних даних і модем або інтерфейс для узгодження з апаратурою волоконно-оптичного каналу зв'язку (ВОКЗ).

БРС консультанта, в свою чергу, включає додатковий аналітично-інформаційний комплекс до якого входять бази даних, інтернет-ресурси, апаратура для аналізу та розшифровки біомедичних даних від абонента, засоби їх відображення та архівування.

Оптичний підсилювач з автоматичним регулюванням підсилення забезпечує компенсацію згасання або зростання сигналу, яке виникає внаслідок дії іонізуючого випромінювання та інших зовнішніх і внутрішніх впливів, в т.ч. і втрат, зумовлених несанкціонованим доступом до оптичного волокна.

Для підвищення достовірності і підтримки якості передачі біомедичних даних, до структури ВОКЗ введено блок автоматичного контролю і діагностики оптичного кабелю, який за аналогією з [118] забезпечує: дистанційний автоматичний контроль стану волокном кабелю з визначенням розподілу втрат вздовж каналу зв'язку; документування і формування бази даних результатів контролю; автоматичну діагностику стану кабелю зв'язку з точним визначенням місця і характеру пошкодження шляхом порівняння поточних та еталонних результатів вимірювання параметрів об'єкту; автоматичний аналіз зміни параметрів ВОКЗ в часі; прив'язку рефлекторам до географічної карти місцевості з вказівкою траси лінії зв'язку і місця знаходження комутаційно-розподільчих пристроїв.

Таким чином, запропонована структурна схема волоконно-оптичного каналу зв'язку вирішує питання стабільної, завадозахищеної і контролюємої передачі і прийому біомедичної інформації; підвищення швидкості її передачі з одночасним захистом від несанкціонованого доступу; функціонування ВОКЗ в розширеному температурному діапазоні, що як і попередній показник, досягнуто завдяки застосуванню вітчизняної елементної бази [3,4,12].

Розглянемо ще одну конфігурацію волоконно-оптичного каналу зв'язку, структурна схема якого приведена на рис. 6.

Оптичний передавач (optical transmitter) і оптичний приймач (optical reciever) виділені пунктирною лінією. У точці 1 світловий сигнал виникає, в точці 2 світловий сигнал зникає.

При цьому передавач і приймач об'єднують конструктивно в один пристрій - приймач або трансивер (transciever), - що має два оптичних адаптера для приєднання двох оптоволокон. Саме тому мережева картка комп'ютера має на виході адаптер для двох оптоволокон: по одному світло входить в картку, по іншому виходить з неї.

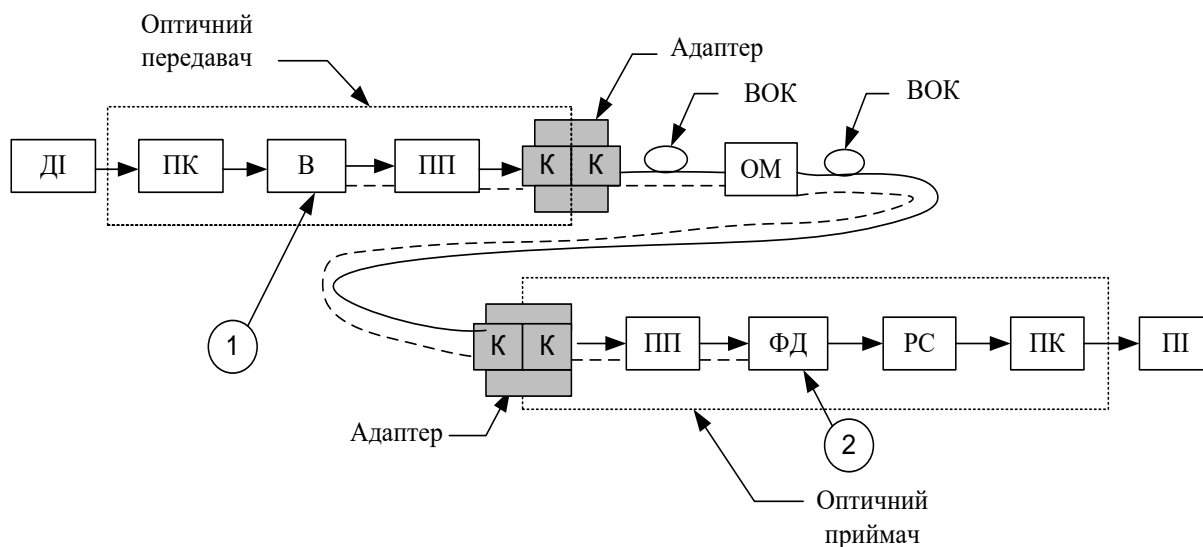


Рисунок 6 – Структурна схема волоконно-оптичного каналу зв'язку [3,12]

На структурній схемі позначені: ДІ - джерело інформації; ПК - перетворювач коду; В - випромінювач світла; ПП – погоджувальний пристрій (оптичний); К - конектор оптичний; ВОК - волоконно-оптичний кабель; ОМ - оптична муфта кабелю; ФД – фотодіод; РС - регенератор Сігала; ПІ - приймач інформації.

Відправник перетворює інформацію в світлову хвилю, а адресат, отримуючи останню, в свою чергу, інтерпретує світло як інформацію. Електричний сигнал надходить на вхід оптичного передавача і модулює інтенсивність вихідного сигналу випромінювача. Оптичний сигнал поширюється по волоконному світловоду і надходить на вхід оптичного приймача, який здійснює його демодуляцію і відновлює вихідний електричний сигнал. Для забезпечення нормальної експлуатації оптичний передавач і приймач забезпечуються розетками оптичних роз'ємів.

Відстані між трансиверами на оптичній лінії знаходяться в обернено пропорційній залежності від швидкості передачі інформації (рис. 7).

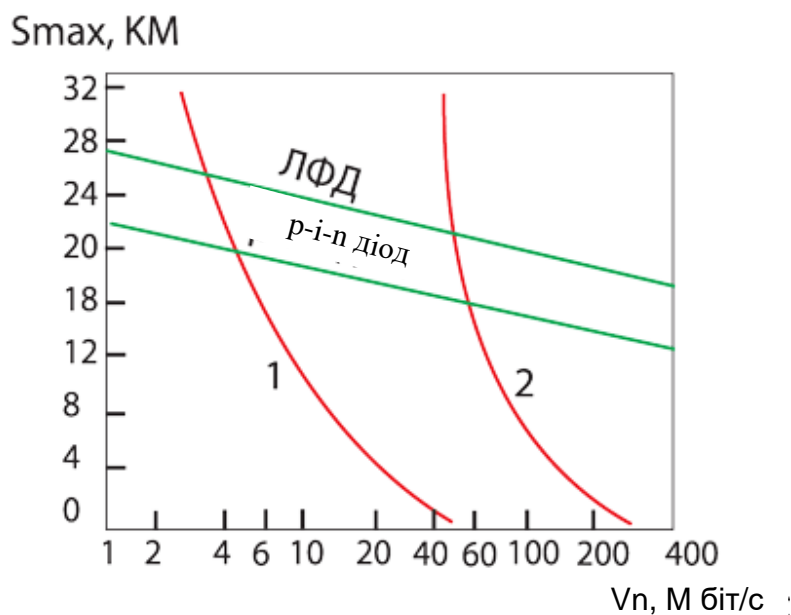


Рисунок 7 – Залежність відстані від швидкості передачі інформації

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

Каналоутворююче середовище телемедичної мережі, яке фактично можна розглядати як інфраструктуру передачі і прийому біомедичних даних складається, в свою чергу, з відповідних спеціалізованих апаратних та програмних засобів, носіїв інформації і технологічних рішень (протоколи і стандарти), фізичних каналів для обміну даними. Склад спеціалізованого комп'ютерного і медичного обладнання визначається, виходячи із потреб закладу охорони здоров'я, наявності власної локальної мережі та медичної апаратури яка підключається до неї безпосередньо або через модеми та інтерфейси. Найбільше, для застосування в телемедичних мережах підходить спеціалізоване медичне обладнання (томографи, УЗД-апаратура, мікроскопи, бронхоскопи, ендоскопи, комп'ютеризовані комплекси для обробки ЕКГ, ЕЕГ та інші), які мають візуальний або акустичний зворотний зв'язок з лікарем та вбудовану мережеву підтримку.

Існуючі телемедичні мережі використовують різноманітні телекомунікаційні середовища, такі як телефонні мережі загального користування, локальні мережі, цифрові мережі з інтеграцією служб, цифрові виділені канали зв'язку (дротові і бездротові), волоконно-оптичні лінії зв'язку тощо. При виборі того чи іншого типу телекомунікаційного середовища слід врахувати не тільки технічні аспекти, а й – фінансові, які для існуючих каналів обміну даними мають досить широкий діапазон значень.

Враховуючи, що Вінницька область, як і вся Україна має розгалужену, з відпрацьованою конфігурацією інформаційно-енергетичну мережу земельного Кадастру України, яка побудована на волоконно-оптичних лініях, має відповідний захист інформації та ресурсний резерв, було прийнято рішення, узгоджене з керівництвом земельного Кадастру щодо використання цієї мережі для побудови волоконно-оптичної мережі для обміну телемедичними даними. В свою чергу, таке рішення сприяло покращенню якості і стану самої мережі (заміна кабелів на нові, з покращеними характеристиками) та її подальшому розвитку (підключення закладів охорони здоров'я, медичних ВНЗ, віддалених БРС абонента).

ВИСНОВКИ

Телемедичні технології відіграють важливу роль, дозволяючи спостерігати та доглядати за військовослужбовцями, ізольованими через географічне положення, виконувати оперативні втручання з фіксацією подій чи контролювати виконання реабілітаційних планів. В умовах військового стану телемедичина може широко використовуватись для виявлення поранень і захворювань, а також для допомоги в лікуванні, реабілітації та відновленні поранених в зоні проведення бойових дій, забезпечуючи надання швидкої та ефективної діагностики.

- Розроблення на основі моделі інформаційного каналу передачі телемедичних даних волоконно-оптичного каналу зв'язку для обміну телемедичною інформацією з додатковим введенням до його структури оптичних підсилювачів з автоматичним регулюванням підсилення (АРП) і блоку автоматичного контролю і діагностики оптичного кабелю забезпечило дистанційний автоматичний контроль з визначення стану волокна кабелю і точною локацією місця і характеру пошкодження, прив'язку рефлекторів до географічної карти місцевості та аналіз змін параметрів ВОКЗ в часі, що в кінцевому результаті підвищило достовірність і покращило якість передачі біомедичної інформації.
- Проектування структури волоконно-оптичної мережі для обміну телемедичними даними та алгоритмів її функціонування було виконано у повній відповідності до медико-технічних вимог, вимог стандартів DICOM і HL7, вимог щодо захисту від несанкціонованого доступу, живучості апаратно-програмних засобів, що надало мережі нових додаткових функцій автоматизованого телемоніторингу і створило передумови щодо розширення структури телемережі в напрямку побудови мобільного додатку для дистанційного контролю і відеоспостереження за пацієнтом у випадку надзвичайних ситуацій.
- Розроблення структури прийомо-передавального модуля ВОКЗ аналіз основних характеристик оптичних передавачів і приймачів, проведений у сукупності з обґрунтуванням вибору методу передачі даних і структурою волоконно-оптичного каналу зв'язку забезпечили вибір конкретних, найбільш адаптованих під вимоги високоякісних волоконно-оптичних комплексів передавач/приймач Kramer 690T/690R.

Тому застосування телемедичних технологій для діагностики військовослужбовців є як ніколи актуальне, що потребує впровадження у всіх ланках надання медичної допомоги.

ПОДЯКА

Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України 2022.01/0135.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Використання телемедичних рішень в умовах війни // Міністерство охорони здоров'я України: вебсайт. URL: https://moz.gov.ua/article/news/vikoristannja-telemedichnih-rishen-v-umovah-vijni?_cf_chl_tk=OtPjhfJfJ0KkCGUFnF1pVLcumK4B8EhmLvHGw9wIOcQ-1714407215-0.0.1.1-1621 (дата звернення: 29.04.2024).
2. Уряд розширив можливості застосування телемедицини в реабілітації // АрміяINFORM: вебсайт. URL: <https://armyinform.com.ua/2024/04/04/uryad-rozshyryv-mozhlyvosti-zastosuvannya-telemedycyny-v-reabilitacziyi/> (дата звернення: 29.04.2024).
3. Ярославський Я.І., Павлов С.В., Костюк С.В., і Тимчик С.В., «Принципи побудови телемедичних мереж і систем на основі волоконно-оптичних каналів зв'язку у Вінницькій області», *Опт-ел. інф-енерг. техн.*, вип. 42, вип. 2, с. 84–95, Жов 2022.
4. Telemedicine in Extreme Conditions: How Technology is Helping Doctors Save Lives in War Zones and Natural Disaster Areas // Shafi Ahamed: вебсайт URL: https://www.linkedin.com/pulse/telemedicine-extreme-conditions-how-technology-helping-shafi-ahamed?trk=public_post.
5. Інформаційні технології в біології та медицині : курс лекцій / Грищенко В. І., Котова А. Б., Вовк М. І. [та ін.]. - К.: Наукова думка, 2007. - 382с.
6. Азархов О. Ю. Індивідуальна електронна карта пацієнта для постінсультних хворих / О. Ю. Азархов, С. М. Злепко, О. Б. Белоусова // Медична інформатика та інженерія. - 2012. - №4. - С.12-18.
7. Голубчиков М. В. Концептуальні підходи до впровадження електронних медичних записів у систему охорони здоров'я України / М. В. Голубчиков, А. М. Козак, В. Г. Осташко // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. - 2008. - №3. - С 51-54.
8. Особливості побудови стратегії «телемедичного консиліуму» для реабілітації хворих в резидуальному періоді / Азархов О. Ю., Злепко С. М., Космач Л. В., Криворучко І. О. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТТП-12) : матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції, м. Одеса, 3-8 червня 2013 р. - С 115.
9. Осташко Г. В. Концептуальні основи створення міжрегіональної телемедичної мережі / Г. В. Осташко // Український журнал телемедицини та медичної телематики. - 2012. - Т. 10. - №2. - С. 22-25.
10. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>, eBook ISBN 9780429057618.
11. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages. <https://doi.org/10.1201/9781315098050>, eBook ISBN 9781315098050.
12. Computer networks of telemedicine / K. Kompanidze, M. Tevtoradze, M. Manukov, M. M. Saldadze, E. Kamkamidze, Technical University Publishing House, Tbilisi. – 2009.

REFERENCES

1. Use of telemedicine solutions in war conditions // Ministry of Health of Ukraine: website. URL: https://moz.gov.ua/article/news/vikoristannja-telemedichnih-rishen-v-umovah-vijni?_cf_chl_tk=OtPjhfJfJ0KkCGUFnF1pVLcumK4B8EhmLvHGw9wIOcQ-1714407215-0.0.1.1-1621 (access date: 04/29/2024).
2. The government expanded the possibilities of using telemedicine in rehabilitation // ArmiyaINFORM: website. URL: <https://armyinform.com.ua/2024/04/04/uryad-rozshyryv-mozhlyvosti-zastosuvannya-telemedycyny-v-reabilitacziyi/> (date of application: 04/29/2024).
3. Yaroslavskiy, Y.I., Pavlov, S.V., Kostyuk, S.V., and Tymchik, S.V., "Principles of building telemedical networks and systems based on fiber-optic communication channels in the Vinnytsia region", *Opt- email inf-energy tech.*, vol. 42, issue 2, p. 84–95, October 2022.
4. Telemedicine in Extreme Conditions: How Technology is Helping Doctors Save Lives in War Zones and Natural Disaster Areas // Shafi Ahamed: website URL: https://www.linkedin.com/pulse/telemedicine-extreme-conditions-how-technology-helping-shafi-ahamed?trk=public_post.
5. Information technologies in biology and medicine: a course of lectures / V. I. Hryshchenko, A. B. Kotova, M. I. Vovk [and others]. - K.: Naukova dumka, 2007. - 382p.

БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ

6. Azarkhov O. Yu. Individual electronic patient map for post-stroke patients / O. Yu. Azarkhov, S. M. Zlepko, O. B. Belousova // Medical informatics and engineering. - 2012. - No. 4. - P.12-18.
7. Golubchikov M. V. Conceptual approaches to the implementation of electronic medical records in the health care system of Ukraine / M. V. Golubchikov, A. M. Kozak, V. G. Ostashko // Herald of social hygiene and health care organizations of Ukraine. - 2008. - No. 3. - С 51-54.
8. Peculiarities of the construction of the "telemedical consultation" strategy for the rehabilitation of patients in the residual period / Azarkhov O. Yu., Zlepko S. M., Kosmach L. V., Kryvoruchko I. O. // Measuring and computing equipment in technological processes (VOTTP -12): materials of the XII International Scientific and Technical Conference, Odessa, June 3-8, 2013 - p. 115.
9. Ostashko G. V. Conceptual foundations of the creation of an interregional telemedical network / G. V. Ostashko // Ukrainian journal of telemedicine and medical telematics. - 2012. - Vol. 10. - No. 2. - P. 22-25.
10. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>. eBook ISBN 9780429057618.
11. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages. <https://doi.org/10.1201/9781315098050>. eBook ISBN 9781315098050.
12. Computer networks of telemedicine / K. Kompanidze, M. Tevtoradze, M. Manukov, M. M. Saldadze, E. Kamkamidze, Technical University Publishing House, Tbilisi. – 2009.

Надійшла до редакції 15.02.2024 р.

ПИЛИПЕЦЬ ЮЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА - офіцер відділення зв'язку, Військово-медичний клінічний центр Центрального регіону, м. Вінниця, Україна, ***e-mail: y.hopanchuk@med.mil.ua***

ПАВЛОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, ***e-mail: psv@vntu.edu.ua***

ЯРОСЛАВСЬКИЙ ЯРОСЛАВ ІВАНОВИЧ – старший викладач кафедри біомедичної інженерії, Національний університет «Одеська Політехніка, директор, ДП «Вінницький науково-дослідний та проєктний інститут землеустрою», Вінниця, Україна, ***e-mail: varoslavskvidzk@gmail.com***

КОСТЮК СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – генеральний директор, ТОВ "ДАЙТЕКС", Вінниця, ***e-mail: svk@dt.com.ua***

ВОЛОСОВИЧ ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ —аспірант, кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021; ***e-mail: sashka.v0@gmail.com***

ЛЕВИЦЬКИЙ ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ – Науково-дослідний інститут проблем архітектурно-будівельної екології (НДІ ПАБЕ), Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, ***e-mail: levytskyi.v@gmail.com***

YULIA PYLYPETS, SERGI PAVLOV, YAROSLAV YAROSLAVSKYY, SERGI KOSTIUK,
OLEKSANDR VOLOSOVYCH, VOLODYMYR LEVYTSKYI

**APPLICATION OF TELEMEDICINE TECHNOLOGIES IN THE MILITARY MEDICAL
SPHERE FOR DIAGNOSTIC, TREATMENT AND REHABILITATION OF MILITARY
PERSONNEL**

Military Medical Clinical Center of the Central Region, Vinnytsia, Ukraine
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
Odesa Polytechnic National University
SE "Vinnytsia Research and Design Institute of Land Management", "DAYTEX" LLC, Vinnytsia
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine