

УДК 615.823

DOI 10.36910/6775-2313-5352-2022-20-04

Гевко О.В., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю., Дозорська О.Ф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ВІБРОМАСАЖНОЇ АПАРАТУРИ

*В статті проведено структурний синтез на основі методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу. Проведено аналіз конструкцій та функціональних можливостей технічних засобів для проведення апаратного масажу, виділено конструктивні ознаки та елементи таких технічних засобів та сформовано морфологічну таблицю таких ознак. Отримано множину варіантів структурно-схемного синтезу вібромасажної апаратури та запропоновано варіанти конструкцій вібромасажних столів та матраців, що складаються із різноманітних компонентів. Так, основними елементами запропонованих і запатентованих конструкцій вібромасажних столів є різні типи масажних роликів, а конструкції вібромасажних матраців включають множину камер в яких розміщені електродвигуни із масажними навантажками. В конструкціях вібромасажних матраців запропоновано використання зміни тиску у верхній та нижній камерах з допомогою пневмокомпресора, що дозволяє забезпечити надійне прилягання масажних насадок до поверхні тіла пацієнта, регулювання сили та інтенсивності масажу, а можливість вибору відповідних програм забезпечує максимально необхідний вплив масажних процедур на різні ділянки тіла людини. Керування роботою основних елементів вібромасажної апаратури може здійснюватись з допомогою персонального комп'ютера або смартфона.*

**Ключові слова:** масаж, вібрація, реабілітація, морфологічний аналіз

**Постановка проблеми.** Особливо важливим методом реабілітаційних заходів є масаж, який являє собою групу заходів механічної дозованої дії на окремі ділянки поверхні тіла людини або комплексно за допомогою рук чи спеціальних апаратів [1-4]. Позитивний ефект масажу проявляється у покращенні роботи всіх систем організму, підвищенні працездатності, відновленні сили, підвищенні еластичності м'язів та суглобів. За способом створення масаж може бути ручним, апаратним або комбінованим [1-4].

Проводиться масаж шляхом розтирання, тиску, вібрації або погладжування, та може діяти через повітряне, водне чи інше середовище, з метою досягнення лікувального ефекту [4]. За допомогою масажу сповільнюється утворення продуктів обміну речовин та накопичення їх в м'язах [4]. Масаж створює позитивний ефект при дії на м'язи, степінь їхнього кровопостачання, тонус, протидіє виникненню атрофій та пролежнів, завдяки інтенсифікації кровотоку в пошкоджених ділянках пришвидшує відновлення пошкоджених м'яких тканин.

Зазвичай масаж проводиться в спеціалізованих закладах масажистами відповідно до рекомендацій лікарів або за спеціальними методиками. Однак такий масаж є дороговартісним, що обмежує його доступність, особливо коли потрібною є значна кількість процедур масажу, а в окремих випадках проводити його класичним способом неможливо, зокрема у випадку пацієнтів з обмеженими руховими можливостями, травмами, опіками тощо, які можуть тривалий час перебувати в стані лежачи на спині. При цьому важливою є профілактика пролежнів. Тому пошук нових ефективних способів проведення масажу є актуальною задачею.

**Аналіз стану досліджень.** Альтернативою ручного масажу є так званий апаратний масаж, який виконується з допомогою спеціальних технічних засобів. На відміну від ручного масажу, при якому масажистом можуть проводитись такі прийоми, як погладжування, розтирання, розминання та вібрації, в технічних засобах для масажу зачасту реалізуються лише обмежені прийоми, наприклад вібрації в комплексі із прогріванням. Також технічні засоби мають обмеження щодо областей впливу. Поширеними сьогодні на ринку медичної техніки є два типи масажерів. Перший тип виконано у вигляді пояса з елементами створення ефекту масажу [5]. Другий тип включає масажери у вигляді накидок змінної форми, що можуть розміщуватись горизонтально поверх матраца для проведення масажу лежачи, або на кріслі у вигляді накидки [6-8], або у вигляді матраців, всередині яких розміщуються масажні елементи [9-11]. Можуть бути передбачені функції підігріву, регулювання сили впливу, частоти вібрацій тощо. Для прикладу, на рис. 1 наведено конструкцію масажного пояса та спосіб його

застосування відповідно до інструкцій [5]. В ньому задіяно лише 2 електродвигуни, що обмежує ділянки впливу та робить його непридатним для комплексного масажу тіла людини.



Рис. 1. Приклад конструкції масажного пояса та спосіб його застосування

Всередині типового масажера другої групи [6] розміщено 9 електродвигунів, є можливість регулювання частоти та інтенсивності вібрацій і обирати ділянки впливу (рис. 2).



Рис. 2. Електромасажер Klavsa у вигляді накидки

Основним недоліком розглянутих масажерів є обмежені функціональні можливості проведення комплексного масажу та особливо масажу в реабілітаційний період, оскільки недостатнє число електродвигунів з масажними насадками обмежує зони впливу, а інтенсивність масажу попри регулювання частоти та сили вібрацій, є прямо пропорційною до маси тіла пацієнта, з якою він буде тиснути на масажні насадки двигунів. Окрім цього, при викривленнях хребта практично неможливо забезпечити рівномірне прилягання усіх масажних насадок до поверхні тіла пацієнта. Останній недолік частково усунутий в масажері [9], який являє собою спеціальний масажний пояс-підкладку для поперека (рис. 3) із розміщеними всередині елементами для створення вібрацій в поєднанні із інфрачервоним прогріванням. В нижній частині пояса розміщена камера, в яку може нагнітатись повітря, тим самим забезпечуючи прилягання до поперекового вигину хребта верхньої частини пояса із вібруючими елементами. Такий масажер також має обмежені функціональні можливості.



Рис. 3. Спеціальний масажний пояс-підкладка для поперека

Також застосовуються сьогодні спеціалізовані секційні матраци для проведення комплексу протипролежневих заходів [9-13]. Для прикладу, секційний матрац з компресором OSD-QDC-500 [13] застосовується з метою профілактики та лікування пролежнів 1-3 ступеня, коли пацієнт тривалий час змушений перебувати у лежачому положенні (рис. 4). Змінний тип роботи компресора дозволяє накачувати секції матраца через одну, створює ефект масажу м'яких тканин, що сприяє підтримці оптимального рівня кровопостачання. Однак і такий тип масажерів має обмежені функціональні можливості, зокрема ділянки впливу, інерційність, висока вартість, складність керування та адаптації під потреби кожного окремого пацієнта.

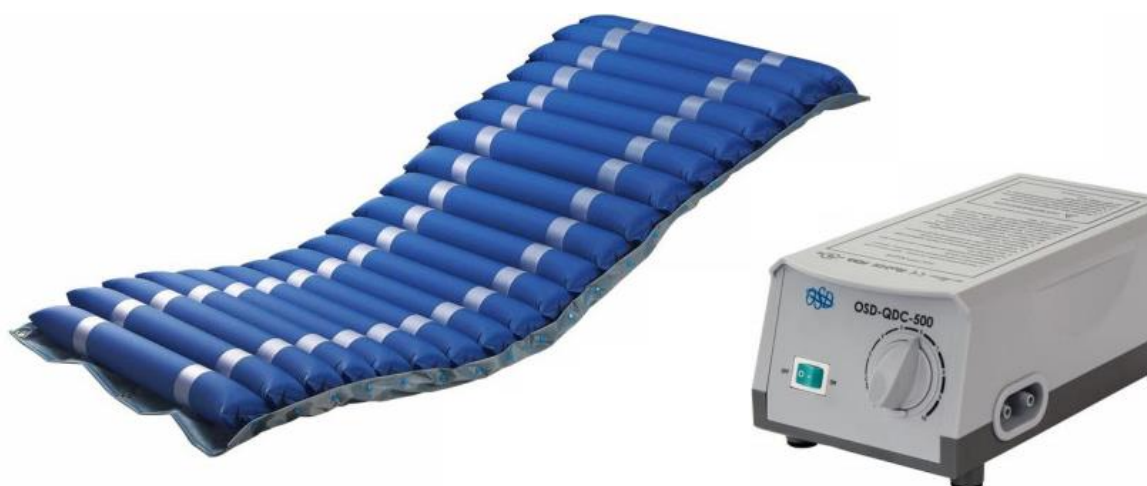


Рис. 4. Секційний матрац з компресором OSD-QDC-500

Відповідно до проведеного аналізу встановлено, що розглянуті типи технічних засобів для проведення масажу мають обмежені функціональні можливості (локалізовані зони впливу, неможливість проведення комплексного масажу тіла пацієнта тощо) та непридатні для

застосування в реабілітаційний період пацієнтів із різного роду травмами чи захворюваннями опорно-рухового апарату або для профілактики пролежнів.

**Мета роботи.** Метою роботи є проведення синтезу технічного засобу для проведення масажу із можливістю впливу на поверхню тіла пацієнта локально у визначених місцях, комплексно по всій поверхні тіла та почергово в окремих ділянках в наперед заданих напрямках із можливістю регулювання сили впливу, інтенсивності тощо, для імітації проведення масажу руками масажиста.

**Результати та їх обговорення.** За основу використано переваги розглянутих масажерів, а сам проєктований технічний засіб виконано у вигляді матраца, всередині якого розміщено електродвигуни із спеціальними насадками, з допомогою яких і здійснюватиметься масажний вплив на тіло пацієнта. Такий технічний засіб названо вібромасажним матрацом. Однак, можливою є велика кількість комбінацій застосування окремих елементів розглянутих масажерів в структурі проєктованого вібромасажного матраца і важливим є питання оптимального вибору конструкції останнього, яка враховувала б переваги проаналізованих масажерів та компенсувала б їхні недоліки.

При проведенні структурно-схемного синтезу вібромасажних матраців використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу, який передбачає розбивку окремих груп на підгрупи, де кількість варіантів визначається по формулі [14]:

$$N = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i, \quad (1)$$

де  $z$  – ієрархічний рівень;  $l$  – кількість ієрархічних рівнів;  $x$  – певна підгрупа відповідного ієрархічного рівня;  $q$  – кількість підгруп відповідного ієрархічного рівня;  $K_i$  – альтернатива конструктивної ознаки елемента певної підгрупи відповідного ієрархічного рівня;  $m$  – кількість альтернатив конструктивної ознаки елементів певної підгрупи відповідного ієрархічного рівня.

Модель механічної системи «Вібромасажний матрац» представлено на рис. 5.

Зокрема до першої підгрупи першого ієрархічного рівня слід віднести конструктивні ознаки вібромасажних матраців 4 і 6 з табл. 1, до другої підгрупи першого ієрархічного рівня конструктивні ознаки 3, 10 і 11. До першої підгрупи другого ієрархічного рівня конструктивну ознаку 2, до другої підгрупи другого ієрархічного рівня конструктивну ознаку 7, до третьої підгрупи другого ієрархічного рівня конструктивну ознаку 8, до четвертої підгрупи другого ієрархічного рівня конструктивну ознаку 9. До першої підгрупи третього ієрархічного рівня конструктивну ознаку 1, а до другої підгрупи третього ієрархічного рівня конструктивну ознаку 5.

Таблиця 1

Морфологічна таблиця ознак конструктивних ознак та елементів вібромасажних матраців

Привід		Конструкція матраца						Керування процесом		
1. Вид приводу	2. Вид руху	3. Кількість елементів	4. Кількість камер	5. Жорсткість основи	6. Фіксація приводів	7. Місце фіксації приводів	8. Тип наповнювача	9. Спосіб керування	10. Кількість програм керування	11. Область визначеного впливу
<b>1.1.</b> Електропривід; <b>1.2.</b> Гідропривід; Пневмопривід.	<b>1.3.</b>	<b>3.1.</b> Один; <b>3.2.</b> Два; <b>3.3.</b> Декілька.	<b>4.1.</b> Безкамерний; <b>4.2.</b> Однокамерний; <b>4.3.</b> Двокамерний; <b>4.4.</b> Багатокамерний.	<b>5.1.</b> Жорстка; <b>5.2.</b> Гнучка; <b>5.3.</b> Комбінована.	<b>6.1.</b> Жорстка; <b>6.2.</b> Рухома з підпружиненням.	<b>7.1.</b> На жорсткій основі; <b>7.2.</b> На еластичній основі; <b>7.3.</b> В направляючих розміщених на основі; <b>7.4.</b> Між окремими камерами.	<b>8.1.</b> Повітря; <b>8.2.</b> Рідина; <b>8.3.</b> Ортопедична піна; <b>8.4.</b> Кокосова койра; <b>8.5.</b> Латекс; <b>8.6.</b> Лляне волокно; <b>8.7.</b> Шерсть; <b>8.8.</b> Пух; <b>8.9.</b> Пінополіуретан; <b>8.10.</b> Комбінований наповнювач.	<b>9.1.</b> Пульг керування; <b>9.2.</b> Персональний комп'ютер; <b>9.3.</b> Смартфон.	<b>10.1.</b> Одна; <b>10.2.</b> Декілька.	<b>12.1.</b> Поздовжньо-осьова; <b>12.2.</b> Поперечно-осьова; <b>12.3.</b> Точкова.

Виходячи із зробленого розподілу загальна кількість згенерованих варіантів вібромасажних матраців при використанні методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу становитиме:

$$N_{\text{вм}} = \begin{array}{|c|} \hline 4.1 \\ 4.2 \\ 4.3 \\ 4.4 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 3.1 \\ 3.2 \\ 3.3 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline 10.1 \\ 10.2 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline 11.1 \\ 11.2 \\ 11.3 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 7.1 \\ 7.2 \\ 7.3 \\ 7.4 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 8.1 \\ 8.2 \\ 8.3 \\ 8.4 \\ 8.5 \\ 8.6 \\ 8.7 \\ 8.8 \\ 8.9 \\ 8.10 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 5.1 \\ 5.2 \\ 5.3 \\ \hline \end{array} = 52.$$



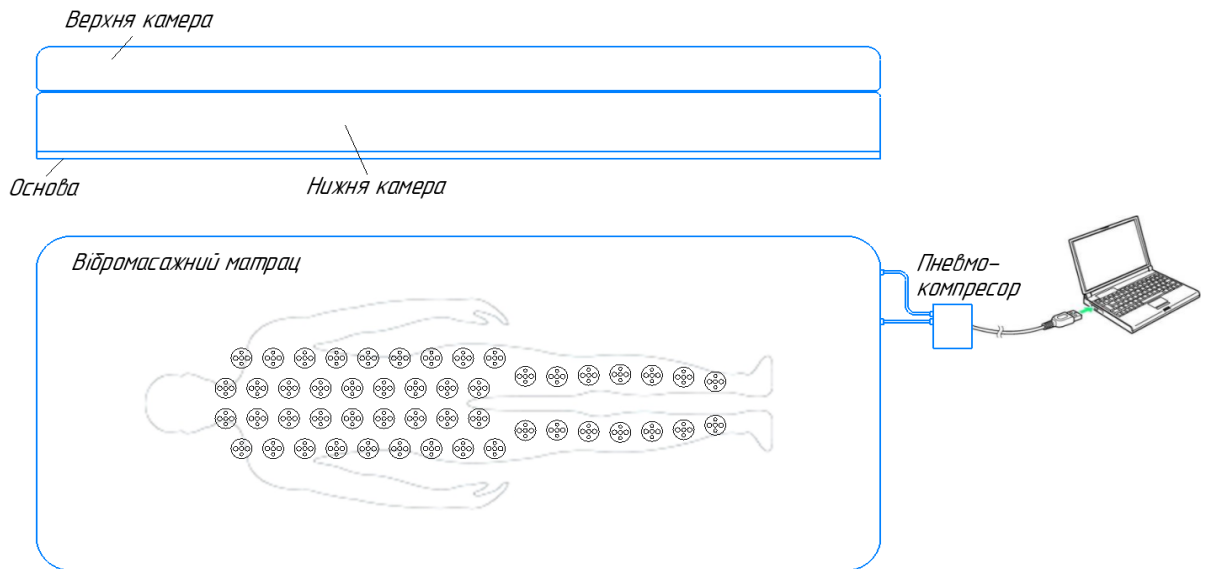


Рис. 6. Конструкція вібрамасажного матраца

Власне матрац виконано еластичним, який складається із верхньої та нижньої камер, котрі наповнюються повітрям з допомогою компресора. Між верхньою та нижньою камерами розміщується еластичний шар із більшою в порівнянні з матеріалом камер жорсткістю. До цього шару кріпляться електродвигуни із масажними насадками. Умовно на верхній стороні матраца нанесено контур пацієнта та ділянки розміщення електродвигунів із масажними насадками.

Залежно від значень тиску повітря у верхній та нижній камерах матраца можливими є три випадки:

1) Тиск повітря відсутній в нижній камері і частково присутній у верхній камері (рис. 7). При цьому поверхня верхньої камери матраца набуде форми тіла пацієнта, але не усі масажні насадки прилягатимуть до тіла пацієнта, зокрема в області поперека.

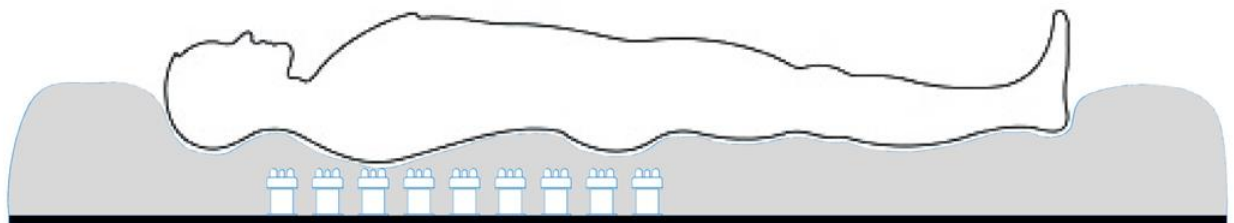


Рис. 7. Тиск повітря відсутній в нижній камері і частково присутній у верхній камері

2) Тиск повітря частково присутній в обох камерах, але в нижній камері він є вищим (рис. 8). При цьому, як і у першому випадку, поверхня верхньої камери набуде форми тіла пацієнта. Під дією ваги пацієнта відбудеться перерозподіл тиску повітря у верхній та нижній камерах і жорсткий еластичний шар між камерами також набуде форми тіла пацієнта. Це забезпечить надійне прилягання усіх масажних насадок до поверхні тіла пацієнта (і в місцях вигинів).

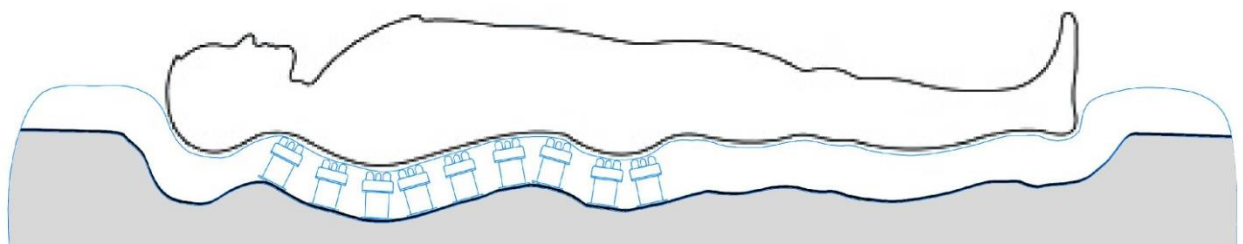


Рис. 8. Тиск повітря частково присутній в обох камерах, але в нижній камері він є

## ВИЩИМ

Однак, пацієнт практично всією вагою свого тіла тиснутиме на усі масажні насадки. В пропонуваній конструкторській використано 50 електродвигунів з масажними насадками. Якщо вага пацієнта становитиме 80 кг, то вона рівномірно розподілиться на ці масажні насадки і становитиме 1,6 кг, що рівносильне тому, що одна насадка в процесі масажу тиснутиме на тіло пацієнта вагою в 1,6 кг. При невеликій площі впливу це викликати значні больові відчуття.

3) Тиск повітря присутній у верхній та нижній камерах матраца. Змінюючи тиск повітря в нижній камері можна забезпечити рівномірне прилягання усіх віброелементів до усіх ділянок тіла пацієнта, а змінюючи тиск повітря у верхній камері можливим стає регулювання тиску масажних насадок на тіло пацієнта та інтенсивність масажного впливу загалом (рис. 9).

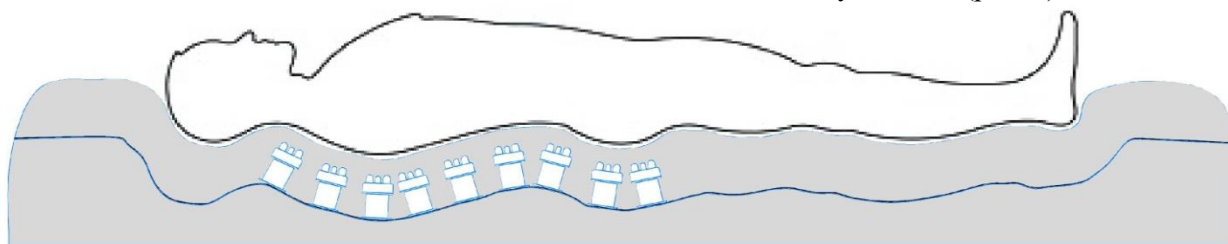


Рис. 9. Тиск повітря присутній у верхній та нижній камерах матраца

Оскільки в основі верхньої камери еластичного матраца закріплено 50 електродвигунів масажними насадками, то з допомогою персонального комп'ютера або смартфона можна задіювати всі або окремі електродвигуни для здійснення комплексного або локального вібромасажу окремих ділянок тіла людини, регулюючи, при цьому, інтенсивність та частоту створюваних ними вібрацій.

Також, якщо розмістити в основах електродвигунів давачі навантаження (наприклад тензорезистори), то можна визначати загальну вагу пацієнта, вибирати інтенсивність масажного впливу регулюванням співвідношення тисків повітря в нижній та верхній камерах і визначати розміри тіла пацієнта, не задіюючи ті електродвигуни, які не потрапляють під тіло пацієнта (тиск на них буде незначним).

**Висновки.** Проаналізовано методи проведення апаратного масажу та технічні засоби, що використовуються при цьому. Означено їхні переваги і недоліки, виділено основні конструктивні ознаки і елементи.

Шляхом застосування методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу проведено структурний синтез вібромасажного матраца. З множини можливих комбінацій елементів конструкції виділено та обґрунтовано структуру вібромасажної апаратури та запропоновано варіанти конструкцій вібромасажних столів та матраців, що складаються із різноманітних компонентів. Зокрема основними елементами запропонованих і запатентованих конструкцій вібромасажних столів є різні типи масажних роликів, а конструкції вібромасажних матраців включають множину камер в яких розміщені електродвигуни із масажними наважками. В конструкціях вібромасажних матраців запропоновано використання зміни тиску у верхній та нижній камерах з допомогою пневмокомпресора, що дозволяє забезпечити надійне прилягання масажних насадок до поверхні тіла пацієнта, регулювання сили та інтенсивності масажу. Підвищені функціональні можливості такого вібромасажного матраца очевидні, бо окрім регулювання інтенсивності та сили масажного впливу можливим є вибір і програми впливу. Наприклад, можна по чергово задіювати електродвигуни починаючи від поперека і рухаючись до області шії, або з середини матраца і рухаючись до його країв. Це створюватиме ефект, близький до класичного масажу руками. Також можна проводити масаж лише поперека, ніг, окремих ділянок поблизу хребра тощо. Використання такого матраца буде простим, зручним, не потребуватиме спеціальних навиків чи вмінь або кваліфікації масажиста. Попри значну кількість елементів конструкції використання матраца буде набагато дешевшим за послуги кваліфікованого масажиста.



**Інформаційні джерела**

1. <https://pidru4niki.com/10560412/meditsina/masazh>
2. Вакуленко Д.В. Лікувально-реабілітаційний масаж : навч. посіб. / Д.В. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, О.В. Кутакова, Г.В. Прилуцька. – К. : ВСВ «Медицина», 2020. – 568 с.
3. Вакуленко Л.О. Лікувальний масаж / Л.О. Вакуленко, Л.О. Вакуленко, Г.В. Прилуцька, Д.В. Вакуленко. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2005. – 448 с.
4. Штеренгерц А. Е. Массаж для взрослых и детей / А. Е. Штеренгерц, Н. А. Белая. – Київ: Здоров'я, 1992. – С. 3-378.
5. <https://tactik.in.ua/ua/p932448626-elektricheskij-massazher-dlya.html>
6. <https://tactik.in.ua/ua/p1052342533-massazhyor-elektricheskij-klasvsa.html>
7. <https://va-ko.com.ua/c1258574-massazhnye-kresla-zenet>
8. [https://med-magazin.ua/cat\\_499.htm/massazhnye-nakidki/](https://med-magazin.ua/cat_499.htm/massazhnye-nakidki/)
9. [https://med-magazin.ua/ua/item\\_n11930.htm](https://med-magazin.ua/ua/item_n11930.htm)
10. <https://welmax.com.ua/ru/catalog/massage/lower-back/product-0022/>
11. [https://ortop.ua/yacheistyuy-matras-s-kompressorom-osd-f-103.html?utm\\_source=merchant&utm\\_medium](https://ortop.ua/yacheistyuy-matras-s-kompressorom-osd-f-103.html?utm_source=merchant&utm_medium)
12. <https://www.zenet.ua/ua/massage-mattress-zenet-zet-778-ua>
13. <https://dopomoga.ua/protivoprolezhnyvi-sekcionnyi-matras-s-kompressorom-osd-qdc-500-39676>
14. Гевко І. Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05. 02.02 «Машинознавство» / І. Б. Гевко. – Львів, 2013. – 42 с.
15. Кузнецов Ю. М. Прогнозування розвитку технічних систем / [Ю. М. Кузнецов, Р. А. Склярів]; під заг. ред. Ю. М. Кузнецова. – К. : ТОВ «ЗМОК». – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.

**Hevko O.V., Dozorskyi V.G., Dediv L.Ye., Dediv I.Yu., Dozorska O.F.**  
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

**STRUCTURAL SYNTHESIS OF VIBROMASSAGE EQUIPMENT**

*The structural synthesis based on the method of synthesis of hierarchical groups using morphological analysis made in the article. The analysis of the structures and functional possibilities of technical means for conducting hardware massage has been carried out, the design features and elements of such technical means have been identified, and a morphological table of such features has been formed. Many variants of structural-scheme synthesis of vibromassage equipment have been obtained. Variants of designs of vibromassage tables and mattresses, consisting of various components, are proposed. So, the main elements of the proposed and patented designs of vibratory massage tables are various types of massage rollers, and the designs of vibratory massage mattresses include many chambers in which electric motors with massage attachments are placed. In the designs of vibratory massage mattresses, it is proposed to use a change in pressure in the upper and lower chambers with the help of a pneumatic compressor, which makes it possible to ensure a reliable fit of the massage nozzles to the surface of the patient's body, and to adjust the strength and intensity of the massage. The ability to select appropriate programs provides the most necessary impact of massage procedures on different parts of the human body. The operation of the main elements of vibromassage equipment can be controlled using a personal computer or smartphone.*

**Key words:** *massage, vibration, rehabilitation, morphological analysis*