

Секція 4

Актуальні питання сучасного матеріалознавства

УДК
677.017.636

ЩУЦЬКА Г. В., СУПРУН Н. П.
Київський національний університет технологій та дизайну,
Україна

ТРИВИМІРНІ ЕФЕКТИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РІДИНИ В БАГАТОШАРОВИХ РАНОВИХ ПОКРИТТЯХ

Мета. Прогнозування процесів вологопереносу в багатошарових пакетах перев'язочних засобів.

Наукова новизна. На базі тривимірного дискретного моделювання розроблено методи прогнозування умов функціонування багатошарових ранових покриттів.

Практичне значення. Досліджені процеси вологопереносу можуть бути використовувані при проектуванні, підборі і використанні багатошарових перев'язочних матеріалів з врахуванням реальних геометричних параметрів рани.

Ключові слова: багатошарові перев'язочні матеріали, вологоперенесення, геометрія рани, тривимірне моделювання,

Постановка завдання. В Україні зараз існує підвищений попит на сучасні ранові покриття, між тим, як їх асортимент на ринку медичних виробів представлено переважно імпортними товарами, які мають високу ціну. Розроблення сучасних перев'язувальних засобів з заданими вологотransпортними властивостями є перспективним і важливим напрямком, який надасть змогу розширити асортимент вітчизняних товарів на ринку медичних виробів, сприятиме скороченню терміну перебування хворих в медичних закладах, матиме суттєвий вплив на кінцеву вартість лікування пацієнтів і якість їх життя.

Основними функціями сучасних перев'язувальних засобів для загоювання ран є їх здатність ефективно видаляти надлишок ранового ексудату та його токсичних компонентів, сприяти створенню оптимальної вологості поверхні рани, забезпечувати адекватний газообмін між раною та атмосферою, перешкоджати втратам тепла, запобігати вторинному інфікуванню рани і контамінації об'єктів навколишнього середовища [1]. Сучасна структура ранових покриттів будується за принципом

багатошаровості. При цьому комбінуються текстильні матеріали різної хімічної природи і фізичної форми, оскільки це дозволяє повною мірою використовувати їх властивості. При використанні багатошарових матеріалів кінетика розповсюдження рідини може значно ускладнитися. Прогнозування процесів змочування та розтікання рідини в таких системах важливе для визначення особливостей їх експлуатації. У випадку наявності надійної моделі можна перебачити ступінь і площу намочання і, відповідно, робити висновки про якість і ефективність застосування виробів з досліджуваних матеріалів. Метою даної роботи є прогнозування процесів вологоперенесення на базі визначення особливостей проходження рідини скрізь багатошарові пакети матеріалів медичного призначення та встановлення границь змочених зон.

Методи досліджень. З метою оцінки вологотранспортних властивостей багатошарових перев'язочних матеріалів був проведений експеримент по визначенню змоченої зони в різних шарах пакету ранового покриття з подальшим тривимірним моделюванням. Крапля підфарбованої дистильованої води наносилась на поверхню пакету багатошарової пов'язки, потім зразок розділявся на шари і в кожному із шарів визначалась форма і площа змоченої зони. Необхідна кількість проб визначалась, виходячи з заданої гарантійної похибки коефіцієнта варіації, яка складала 5 – 8%.

Результати досліджень. У попередніх роботах [2,3] нами розглядалися матеріали медичного призначення в одновимірній або двовимірній постановці з розповсюдженням рідини у вигляді руху по товщині або площині матеріалу. В реальній же практиці медичні текстильні вироби і ранові покриття уявляють з себе складні багатошарові і багатовимірні конструкції, поперечні розміри яких можуть не дуже відхилятися від їх повздовжніх розмірів, що передбачає використання багатовимірних моделей.

З метою визначення поглинальних властивостей нами були проведені експерименти по встановленню змоченої зони в різних шарах багатошарових ранових покриттів [2], в процесі яких показано, що параметри розтікання рідини у верхніх, нижніх і проміжних шарах розрізняються, а при певних співвідношеннях дискретних параметрів середовищ максимальне розповсюдження рідини відбувається не на поверхні матеріалу, а на певній глибині. Однак слід зазначити, що реальні рани рідко представляють собою точкове джерело, скоріше, їх можна розглядати як комбінацію джерел з різною інтенсивністю, що зумовлює складну геометрію зони розповсюдження рідин, в якості яких може виступати як ексудат, так і лікарські речовини. Границю рани у

загальному випадку можна апроксимувати замкненою кривою. Іншим фактором, який важливо брати до уваги при розробці моделей є те, що ранові покриття, як правило, мають порівняно великі товщини. Саме тому в ряді випадків при аналізі геометричних параметрів процесу функціонування медичних виробів необхідно використання тривимірних моделей сорбційних процесів.

Для прикладу розглянемо проходження рідини з двох та трьох джерел. Результати експериментів по розтіканню рідини, яка постачається з двох джерел, в різних шарах багатошарового ранового покриття представлені на рис. 1.

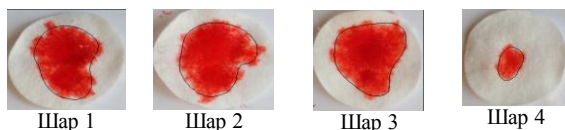


Рис.1 Розтікання рідини в шарах ранового покриття при змочуванні з двох джерел

Беручи до уваги виведені раніше співвідношення [3], концентрація рідини на поверхні матеріалу для окремих джерел може бути записана у вигляді

$$u_1(x, y) = P_1 \cdot e^{-k \cdot (x^2 + y^2)} \quad u_2(x, y) = P_2 \cdot e^{-k \cdot (x - x_2)^2 + y^2}$$

де P – інтенсивність джерела.

Для двох джерел концентрація рідини на поверхні може бути розглянута, як суперпозиція

$$u(x, y) = u_1(x, y) + u_2(x, y)$$

Вказана залежність представлена графічно на рис. 2, а. Границю змоченої зони визначимо, як залежність $g(x, y)$ з умови досягнення концентрації мінімального значення

$$\delta = P_1 \cdot e^{-k \cdot (x^2 + y^2)} + P_2 \cdot e^{-k \cdot (x - x_2)^2 + y^2}$$

Залежність концентрації для трьох координат в просторовому випадку, враховуючи функцію розповсюдження по глибині $f(z)$, знайдена в [3], може бути записана у вигляді

$$u(x, y, z) = \left(P_1 \cdot e^{-k \cdot (x^2 + y^2)} + P_2 \cdot e^{-k \cdot (x - x_2)^2 + y^2} \right) \cdot f(z)$$

Таким чином, можна знайти поверхню змоченої зони в багатошаровому матеріалі для двох джерел змочування (рис.2,в).

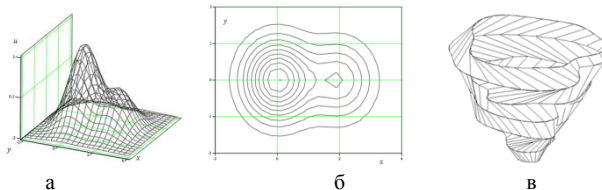


Рис.2. При двох джерелах змочування: а- концентрація рідини на поверхні; б- кола розповсюдження рідини в різних шарах; в- поверхня змочування

При змочуванні з трьох джерел конфігурація змоченої зони буде трохи іншою; відповідно, зміниться поверхня змочування (Рис. 3).

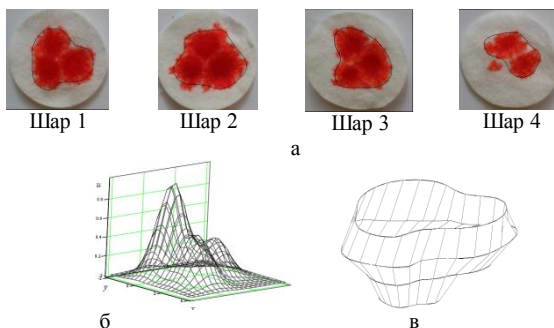


Рис.3. При змочуванні з трьох джерел: а - розтікання рідини в шарах ранового покриття, б - концентрація рідини на поверхні, в - поверхня змочування

Висновок. Врахування геометрії рани сумісно з тривимірним моделюванням дає змогу прогнозувати геометрію нанесення медичного засобу. Можна також розрахувати необхідну кількість лікарського засобу і час його руху до рани. Це дозволить значно скорочувати час підбору найбільш ефективних розмірів і режимів ранових пов'язок, передбачати кількість і розташування лікувального препарату, виходячи з параметрів ран.

Література

1. Коваленко О. М. Сучасні ранові покриття (огляд) // Сучасні медичні технології. – 2010. № 4, – С. 88-97.
2. Щуцька Г.В., Супрун Н.П. Вологоперенос в багатопшарових перев'язочних засобах. Вісник КНУТД. Серія "Технічні науки" № 5 (126), 2018. – С.63-71.
3. Щуцька Г.В. Особливості розробки виробів медичного призначення з заданими вологотрансферними властивостями / Г.В. Щуцька, Н.П. Супрун / Монографія. – Київ: КНУТД. 2018. – 251 с.