

Л. В. ДЕНИСЮК, В. П. КОНОВАЛ, І. І. ПОЛОВНИКОВ  
(Київський національний університет технологій та дизайну)

## Біомеханічні дослідження функціонального стану стоп спортсмена-кіннотника

**Вступ.** Відновлення і нарощування потенціалу взуттєвої підгалузі передбачає розширення асортименту виробів, до складу якого неодмінно входить і широкий спектр спортивного взуття, забезпечення його функціональності, високої міцності, комфортності та високих естетичних показників. Взуття спортсмена кожного виду спорту – це, з одного боку, спеціальне спортивне знаряддя, призначене сприяти підвищенню спортивних досягнень, якості та ефективності тренувального процесу, а з іншого боку, – це пристосування, яке має захищати нижню кінцівку спортсмена від несприятливих дій навколишнього середовища, можливих зіткнень, ударів тощо.

Антропометричні та біомеханічні дослідження з метою створення раціонального спеціального спортивного взуття в нашій країні та за рубежом провадяться давно. Розроблені методи і апаратура для імітації умов взаємодії спортсмена з спортивними знаряддями, визначення впливу одягу та взуття на ступінь захисту і рівень підготовки спортсмена [1]. В колишньому Радянському Союзі діяла мережа спеціалізованих взуттєвих фабрик з виготовлення спортивного взуття різноманітного призначення – як для спортсменів-професіоналів, так і для широкого загалу любителів фізкультури та спорту.

Нині в Україні лише окремі цехи приватних взуттєвих підприємств займаються виготовленням невеликих за розміром і обмежених за асортиментом партій спортивного взуття, яке за якістю значно поступається зарубіжним аналогам. Однією з причин цього є те, що вітчизняні взуттєві підприємства недостатньо оснащені прогресивними технологіями для виробництва якісного спортивного взуття. Проте найважливішою причиною слід вважати відсутність ефективного наукового обґрунтування конструкцій взуття відповідно до умов виконання спортивних вправ та специфіки тренувального процесу.

**Постановка завдання.** В сучасній технічній літературі є достатньо інформації щодо методів проектування окремих видів спортивного взуття для різних видів спорту [2]. Проте дослідження, які стосуються впливу навантажень на стопу і гомілку спортсмена-кіннотника в процесі виконання спортивних рухів в біомеханічній системі «стопа-взуття-рухома опора», не виявлені. Отже, дослідження біомеханіки рухів стопи і гомілки спортсменів-кіннотників та розроблення раціональних конструкцій спортивного взуття для занять кінним спортом являє практичний інтерес для взуттєвої підгалузі нашої країни.

**Об'єкти та методи дослідження.** Для вивчення характеристик рухів спортсменів тепер використовують різноманітну оптичну та комп'ютерну техніку. В роботі для цієї мети використано цифрову відеозйомку для запису рухів системи «вершник-кінь». Розгляд кадрів відеозаписів в екстремальних фазах подолання перешкод дає змогу структурувати зображення коня і вершника на біоланки та встановити фазові кутові переміщення (рис. 1). Розміри біоланок нижніх кінцівок вершника визначали за антропометричними дослідженнями [3]. Застосування оптико-електронних методів реєстрації рухів та відеокomp'ютерного аналізу кінематики [4] у комплексі з антропометричними вимірюваннями дали можливість встановити закономірності техніки пересування системи «вершник-кінь» у поєднанні з пропорціями біоланок нижніх кінцівок й зростовими показниками спортсменів.

Для детального вивчення техніки відштовхування стопи на стремені запропоновані анатомо-біомеханічна (а) та ергономічна (б) моделі нижньої кінцівки вершника (див. рис. 2) та виконано аналітичний розрахунок сили тяги литкового м'яза системи «гомілка-стопа» у момент взаємодії з рухомою опорою з урахуванням анатомічних пропорцій будови стопи, як біоланки руху.

**Результати та їх обговорення.** Здійснений відеокomp'ютерний аналіз кінематики рухів дав змогу визначити тривалість фаз долаття перешкод, кут перекаату, оптимальні кутові характеристики нижніх кінцівок. Крім того, встановлені вертикальні коливання системи «стегно-гомілка-стопа-рухома опора» відносно траєкторії переміщення ЗЦМ у поєднанні із висотою посадки вершника на коні. Під час розгляду фазового складу руху встановлено, що якість їх виконання суттєво залежить від взаємодії гомілки стопи у спеціальному взутті з тулубом коня.

Встановлено, що за довгого стегна й короткої гомілки спостерігається зменшення кута в тазостегновому й колінному суглобах на 8°. Це призводить до виникнення гальмівного моменту, зменшення прискорення інерційної маси, зниження рекуперативних властивостей м'язів, а в результаті – до зменшення швидкості пересування системи «вершник-кінь». Із цього виходить, що антропометричну передумову до збільшення швидкості пересування мають ті вершники, біомеханічна пара яких має велику довжину стегна й велику довжину гомілки.

Розгинання стопи у гомілковостопному суглобі в момент відштовхування є основним чинником, що визначає силу поштовху. Це можливо за умови, що обертання ЦМ стопи у сагітальній площині у разі відштовхування залежатиме від розміру суглобового кута між гомілкою й стопою, від сили тяги усієї задньої групи м'язів гомілки (переважно литкового) та їхньої скоротливої здатності.

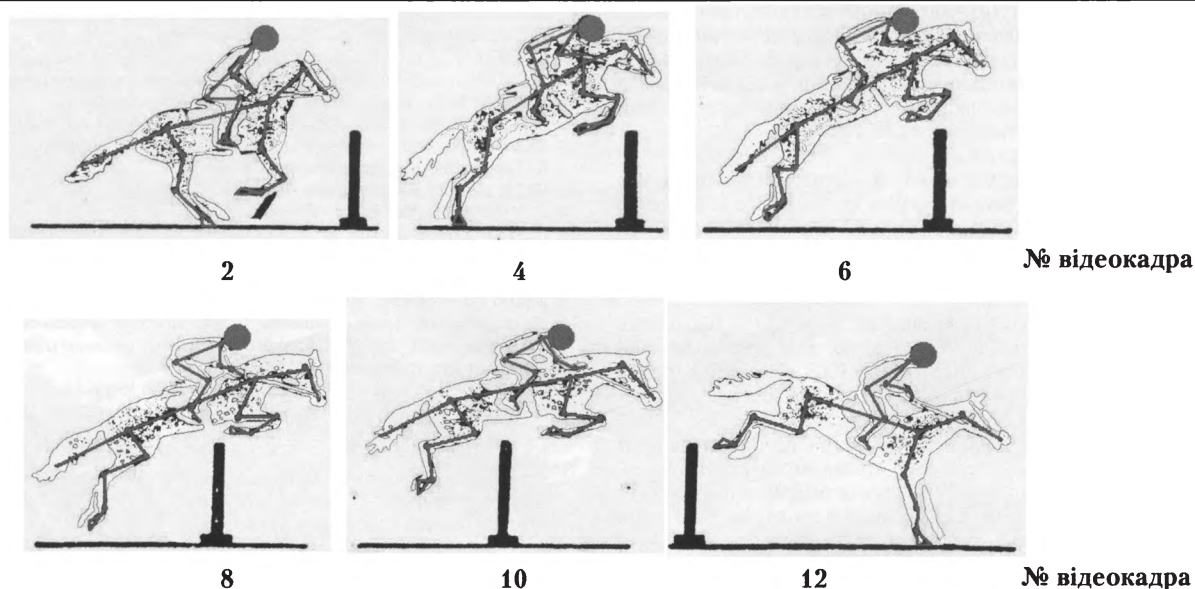


Рис. 1 – Біокінематична схема (відеограма) техніки долаття перешкод системою «вершник-кінь»

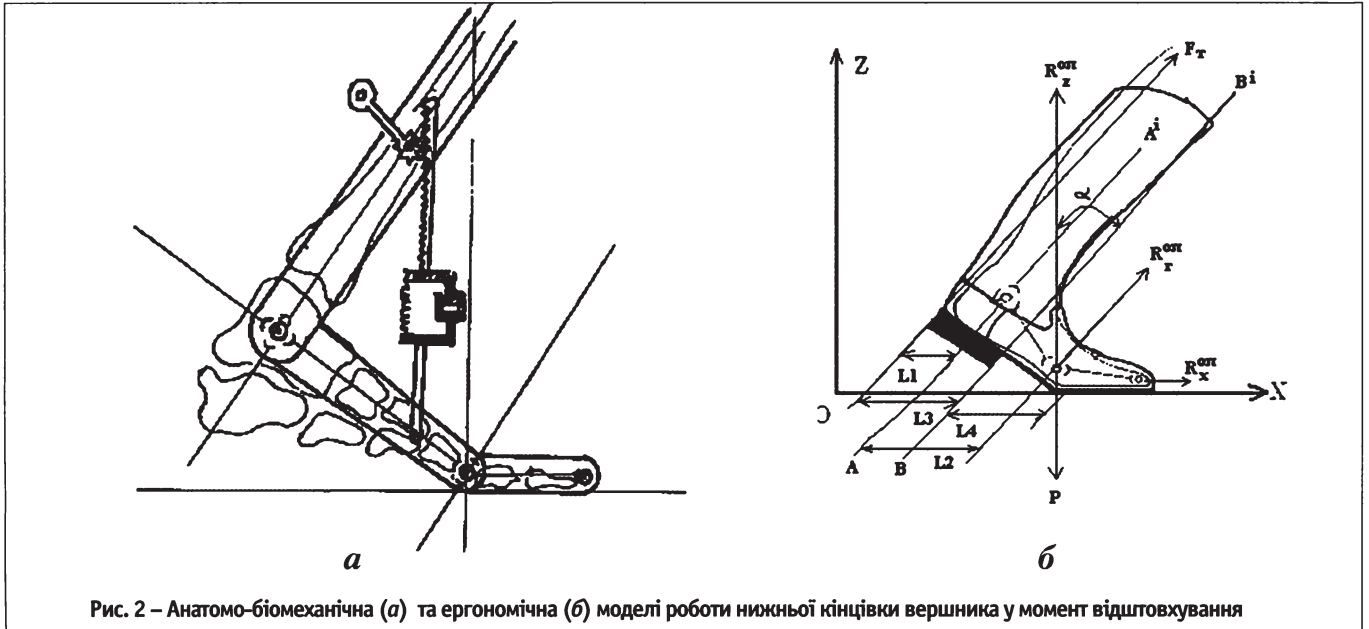


Рис. 2 – Анатомо-біомеханічна (а) та ергономічна (б) моделі роботи нижньої кінцівки вершника у момент відштовхування

Під час розгляду ергономічної моделі встановлено, що вектор сили тяжіння ( $P$ ) проходить через вертикальний вектор реакції опори ( $R_r^{on}$ ), а момент обертання у разі розгинання стопи в сагітальній площині здійснюється відносно гомілковостопного суглоба, де вирішальну роль відіграє горизонтальний вектор реакції опори ( $R_x^{on}$ ). У момент відштовхування тіло вершника перебуватиме в стані рівноваги, яка забезпечується рівністю моментів сил, де головним є величина і напрямком вектора рівнодійної реакції опори –  $R_r^{on}$ .

Для визначення плечей дії сил використовували антропометричні вимірювання стопи, а саме:  $L_1$  – відстань між місцем прикріплення литкового м'яза до заднього виступу п'яткової кістки стопи та точкою центра гомілковостопного суглоба та лінією суглобів передплесного відділу стопи;  $L_2$  – відстань між точкою центра гомілковостопного суглоба та лінією суглобів передплесного відділу стопи;  $L_3$  – проекція збільшеної довжини каблука;  $L_4$  – максимальна відстань переміщення стремени. Для визначення сили тяги ( $F_T$ ) литковим м'язом виходимо з рівності моментів сил:

$$M_1 = M_2 ; \tag{1}$$

де  $M_1 = F_T \cdot L_1$ ,  $M_2 = R_x^{on} \cdot L_2$ . Отже,

$$F_T = R_x^{on} \cdot L_2 / L_1 . \tag{2}$$

Розрахунки показали, що сила тяги м'язів гомілки залежить від маси тіла вершника, співвідношення плечей сил  $M_1$ ,  $M_2$ , а також кута ( $\alpha$ ), під яким діє сила тяги литкового м'яза ( $F_T$ ). Встановлено, що оптимальний кут відштовхування залежатиме від розмірів біологів

нижньої кінцівки самого вершника, і чим більшим є відношення  $L_2 / L_1$ , тим необхідно розвинути більшу силу тяги литковим м'язом для завершення відштовхування.

### ВИСНОВКИ

Проведені біомеханічні дослідження свідчать, що запропонована модель роботи стопи вершника в момент його відштовхування на стремени та отримані при цьому аналітичні залежності можна використати, як обґрунтування кількісних характеристик спеціального взуття для кінного спорту. Зокрема, дослідження наглядно демонструють, що для зменшення зусиль литкового м'яза в початковій стадії відштовхування можна змінити кут нахилу халяви спортивного чобота в межах від 77 до 84°. Для цієї мети доцільно також звузити халяву в області гомілковостопного суглоба (прилягаючий тип халяви), а для щільного прилягання у верхній частині чобота – подовжити саму халяву і передбачити застібку «блискавка» із зовнішнього боку.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Половников И.И., Коновал В.П. Разработка морфолого-функциональной модели проектирования низа обуви для игровых видов спорта // Известие ВУЗов. Технология лёгкой промышленности. – 1983. – №3. – с.79-80.
2. Половников И. И. Биомеханичні особливості проектування спортивного взуття. – К.: Знання, 2000. – 163 с.
3. Лапутин А.Н. та ін. Биомеханика спорту (навч. посібник). Київ, НУФВСУ, «Олімпійська література», 2005. – 320с.
4. Денисюк Л. В., Коновал В. П., Половников И. И. Розробка програми автоматизованого проектування внутрішньої форми спеціального взуття для кінного виду спорту (Повідомлення 1). Антропометричні дослідження стоп спортсменів кінного виду спорту // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 5. – С.243 – 246.

Одержано 22.07.2010