



# ІСТОРІЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ТА ОЗБРОЄННЯ

## МАТЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛЬЧУГ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ РУСИ X – ПЕРШОЇ ПОЛОВИНИ XIII СТОЛІТЬ



**В'ячеслав ГРЕКОВ,**  
аспірант Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна

*Греков В'ячеслав. Математичний розрахунок фізичних параметрів кольчуг Південно-Західної Русі X – першої половини XIII століть.*

*Стаття присвячена спробі математичного обчислення основних фізичних характеристик кольчуг Південно-Західної Русі X – першої половини XIII століть. До цих характеристик можна віднести: вагу кольчуги та кілець, кількість кілець. Було проведено обчислення кольчуги, яка мала такі розміри: площа –  $1,1 \text{ м}^2$ , діаметр кільця – 14 мм, товщина проволочки – 2 мм. В результаті були отримані дані, які значною мірою суперечать традиційним уявленням про фізичні параметри кольчуг.*

**Ключові слова:** Південно-Західна Русь, кольчуга, кільце, фізичні параметри.

*Греков Вячеслав. Математический расчет физических параметров кольчуг Юго-Западной Руси X – первой половины XIII вв.*

*Статья посвящена попытке вычисления основных физических характеристик кольчуг Юго-Западной Руси X – первой половины XIII вв. К этим характеристикам можно отнести: вес кольчуги и колец, количество колец в кольчуге. Были проведены вычисления для кольчуги, с такими размерами: площадь –  $1,1 \text{ м}^2$ , диаметр кольца – 14 мм, толщина проволоки – 2 мм. В результате были получены данные, которые в значительной степени противоречат традиционному представлению про физические параметры кольчуг.*

**Ключевые слова:** Юго-Западная Русь, кольчуга, кольцо, физические параметры.

**Grekov Viacheslav.** *The mathematical calculation of the physical parameters of chain armors in South-Western Rus in the 10th – second half of the 13th centuries.*

*The article covers the mathematical calculation of the main physical parameters of chain armors in South-Western Rus in the 10th – second half of the 13th centuries. The parameters considered are: chain armor weight, ring weight, and the number of rings. The calculations have been performed for a chain armor of the following size: square – 1.1 square meters, ring diameter – 14 millimeters, wire gauge – 2 millimeters. The data of the research contradict in many respects the traditional view of the physical parameters.*

**Key words:** *South-Western Rus, chain armor, ring, physical parameters.*

Не буде помилковим твердження, що останнім часом зростає інтерес до військової історії Давньої Русі, причому ця зацікавленість формується не тільки в межах наукового середовища, а переважно у самому суспільстві. Цей процес знайшов відображення у створенні значної кількості професійних та напівпрофесійних клубів реконструкції [18], у яких намагаються реконструювати озброєння, способи виготовлення зброї, а також ті чи інші моменти, пов'язані з військовою історією Давньої Русі.

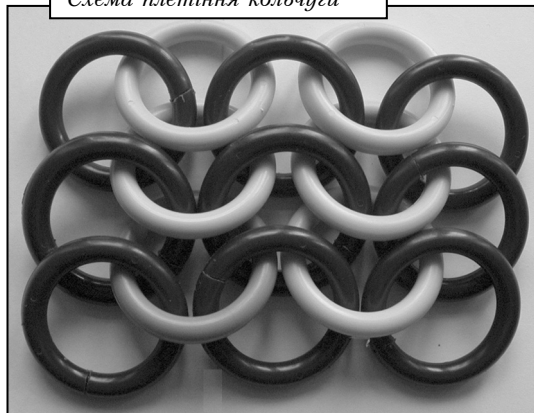
На Русі існувало також досить багато варіацій залізного обладунку, починаючи зі стандартних кольчуг, пластинчатих та лускоподібних обладунків і завершуючи різноманітними їх комбінаціями. Але у нашому дослідженні мова піде лише про один вид захисного обладунку – кольчугу.

Кольчуги на території Південно-Західної Русі з'являються ще у VIII–IX століттях, але активно використовуватись вони починають у X столітті [6, с. 422]. Існує дві основні теорії потрапляння кольчуг на цю територію: норманська та хозарська. На сьогодні хозарська теорія виглядає більш переконливо, ніж норманська щодо потрапляння кольчуг на територію саме Південно-Західної Русі. Але не можна виключати у проникнення кольчуг з двох боків, на територію Північної Русі з півночі, а в Південно-Західну Русь зі сходу. Попри те, що кольчуги були поширені на цій території, а також були знайдені майже цілі кольчуги та окремі їх фрагменти, ціла низка питань щодо них залишаються відкритими. Ці пи-

тання пов'язані, наприклад, з вагою кольчуги, кількістю кілець. Їх вирішення дозволить більш достовірно відповісти на інші запитання, які стосуються кількості необхідного матеріалу і часу для виготовлення кольчуги.

Для встановлення фізичних параметрів кольчуг незамінним джерелом будуть археологічні знахідки, описи яких неодноразово публікувалися в різноманітних археологічних виданнях [1, 12]. Інші групи джерел – письмові та іконографічні, дають інформацію переважно про зовнішній вигляд, а не про фізичні параметри. Використовуючи іконографічні джерела, мініатюри з давньоруських літописів та ікон, можна встановити довжину кольчуг, наявність рукавів тощо. У давньоруських літописах [8, 17, 20] фактично відсутня інформація стосовно захисного обладунку, а стосовно нашого дослідження застосування літописів не надасть додатково корисної інформації.

Схема плетіння кольчуги



Незважаючи на те, що дослідження захисного обладунку триває вже не одне десятиліття досліджень все ще залишається чимало запитань. В більшості досліджень вказуються параметри кольчуг – їх розміри, вага, розміри кілець тощо. Проте навіть ці дані дуже сильно різняться у різних дослідженнях. Єдиними даними, які в більшості випадків майже збігаються, є інформація про вагу кольчуги. Про традиційні уявлення про ці параметри ми будемо говорити нижче.

В різні часи дослідженням розвитку захисного обладунку займалася ціла низка видатних вчених ХХ століття, головним чином, за радянських часів. Після проголошення незалежності України ця тема втратила в очах сучасних дослідників актуальність, проте, як не дивно, її суспільна значущість зросла за рахунок аматорів та напівпрофесіоналів. Не дивлячись навіть на таку периферійність дослідженням військової справи доби Давньої Русі продовжують займатись. Були захищені кілька дисертацій, надруковано кілька книжок тощо.

У радянські часи дослідженням комплексу озброєння займалися такі видатні вчені, як Арциховський А. В. [10], Крип'якевич І. П. [16], Рабінович М. Г. [19], Довженюк В. Й. [6], Кірпи́чніков А. Н. [12], Бегунова А. І. [3] та інші. Особливу увагу слід приділити роботам видатного радянського зброєзнавця А. Н. Кірпи́чнкова [12, 13], науковий доробок якого і досі залишається настольною Біблією майже кожного зброєзнавця. Більшість робіт була опублікована ще за радянських часів, але і досі в цілому вони залишаються актуальними і корисними під час дослідження озброєння доби Давньої Русі. Надзвичайно цікава стаття «Вооружение воинов Киевской державы в свете русско-скандинавских контактов» [13].

Після 1991 року зброєзнавчі дослідження набирають обертів у середовищі аматорів, при цьому залишаючись периферійною темою серед дослідників-професіо-

налів. Хоча, все рівно, час від часу з'являються дослідники і серед науковців. У 90-ті рр. була опублікована ціла низка статей Бережинського В. Г. [4, 5], присвячених комплексу озброєння Давньої Русі. У ХХІ столітті дослідженням військової справи Галицько-Волинського князівства займався Кійко В. І. [11]. У 2010 році побачила світ книга Котляра М. Ф. «Нарис Військового мистецтва Давньої Русі» [15]. Це одна з небагатьох спроб українських дослідників створити узагальнююче дослідження в рамках одного видання. Ця книга є синтезом головних ідей минулого, і заслуговує на увагу, великий інтерес викликає ілюстративний матеріал.

Ми гадаємо, що слід сказати кілька слів про традиційні уявлення щодо конструкції, ваги та кількості кілець кольчуг. Існує кілька способів поєднання кілець. Такими варіантами поєднання кілець були: 4 в 1, 6 в 1 та 8 в 1, проте даних про їх кількісне співвідношення нема. Скоріш за все, найбільш поширеним способом був перший. Це можна пояснити тим, що для цього варіанта необхідно було значно менше матеріалу та праці, ніж для двох інших. Наскільки були поширені другий та третій варіанти, невідомо. Також слід відзначити, що єдиного стандарту розмірів кілець не було. Різними були як діаметр кілець, так і їх товщина. Діаметр кільця коливався від 7 до 14 мм [2, с. 27]. Товщина також коливалася в межах 1–2 мм [1, с. 316]. Різні дослідники наводять різні дані про розміри кілець. Так, про товщину кілець наводять такі дані: Бегунова А. І. стверджує, що товщина кілець не перевищувала 1,5–2 мм, при цьому не вказується нижня межа товщини. Кірпи́чніков А. Н. пише, що товщина проволочи коливалася в межах 0,8–2 мм. Вважається, що кількість кілець була не менше 20000 [1, с. 316]. Вага кольчуги сягала 6–8 кг. У ХІV столітті вага зростає до 10 кг [9]. На виготовлення кольчуги йшло не менше 600 м проволочи [1, с. 316].

Для того, щоб перевірити вищенаведені дані необхідно задіяти математичні розра-

хунки, які зможуть підтвердити або спростують їх. Слід також відзначити, що питома вага сталі коливається у досить вузьких межах, біля 7700–7900 кг/м<sup>3</sup>. Фактично ми можемо взяти лише один показник удільної ваги, щоб отримати досить точні результати для всіх варіантів сталі. У наших розрахунках ми використали показник 7700 кг/м<sup>3</sup>.

Основним елементом кольчуги є кільце, саме воно у значній мірі впливає на вагу кольчуги. Важливими завданнями при цих розрахунках є визначення об'єму, ваги, а також побудова залежності ваги кільця та кольчуги від розміру кілець. Також зміна розмірів кільця безпосередньо впливає на їх кількість. Добре відомо, що об'єм кільця ( $V$ ) дорівнює добутку довжини окружності на площу перерізу проволки, де довжина окружності вираховується за формулою  $2\pi R_c$ , де  $R_c$  – це середній радіус кільця. Площа ж перерізу дорівнює  $\pi r_p^2$ , де  $r_p$  – це радіус проволки. Таким чином, формула для розрахунку об'єму кільця виглядає так:  $V = 2\pi^2 R_c r_p^2$ . Для обчислення ваги кільця ( $P^1$ ), нам необхідно об'єм помножити на питому вагу заліза ( $d_{Fe}$ ). Формула розрахунку ваги кільця виглядає так:  $P^1 = V d_{Fe}$  чи  $P^1 = 2\pi^2 R_c r_p^2 \cdot 7,7 \text{ г/см}^3$ . З цього виходить, що вага кольчуги ( $P_{tot}$ ) дорівнює:  $P_{tot} = N_c 2\pi^2 \times R_c r_p^2 d_{Fe}$ . За умов, коли  $N_c$  та  $d_{Fe}$  не змінюються, то вага кольчуги змінюється під впливом зміни радіуса кільця та радіуса перерізу проволки. З цього можна зробити висновок, що вага кольчуги зростає квадратично зі збільшенням радіуса проволки, та лінійно зі збільшенням радіуса кільця за умов, що кількість кілець не змінюється. У випадку, коли гр залишається постійним, а кількість кілець змінюється, то кількість кілець зменшується разом з зростанням  $R_c$ . Площа кольчуги ( $S_{tot}$ ) дорівнює:  $S_{tot} = N_c s^1$ , де  $s^1$  – площа кільця ( $s^1 = \pi(R_c + r_p)^2$ ). Ці формули вказують тенденції до збільшення або зменшення ваги кольчуги і кількості кілець в ній. Вони відображають ці тенденції у першому наближенні тому, що розглядають кольчуги, у яких просто зіставлені

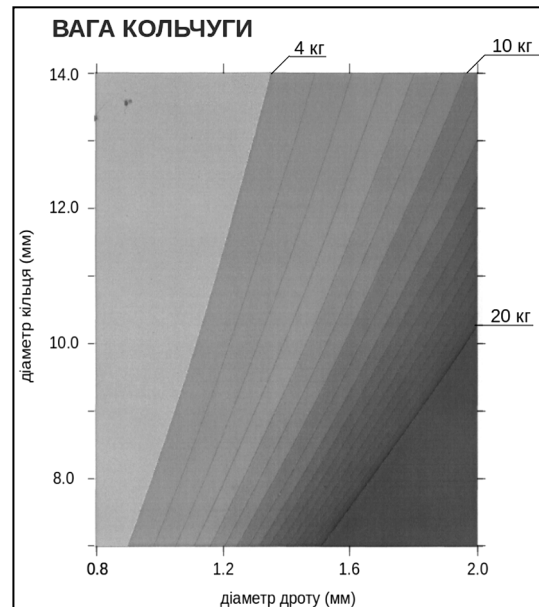
кілець, і не враховують площу перетину кілець та кута їх нахилу. Для отримання більш точних результатів необхідно удосконалити ці формули, врахувавши зони перетину та кут нахилу кілець. Для проведення більш точних обчислень необхідно поділити кольчужне полотно на дві сітки. При цьому одна сітка зміщується по відношенню до другої. Кільця у кожній з цих сіток знаходять одне на інше і утворюють певний нахил. Цей нахил зменшує ефективну площу кільця ( $S^1_{ef}$ ), тобто ту площу, яка проєктується на площину. Коефіцієнт нахилу ( $K_n$ ) вираховується за формулою:

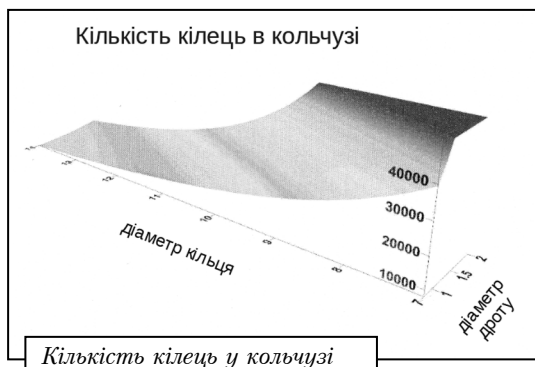
$$K_n = \frac{\sqrt{(R_c - 2r_p)(R_c + 4r_p)}}{R_c + r_p}.$$

Кут сектору перетину двох кілець дорівнює

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{\sqrt{6R_c r_p - 3r_p^2}}{R_c + r_p} \right).$$

Другою дією для уточнення є обчислення зони перетину кілець. Враховуючи, що ми поділили кольчугу на дві сітки, то кількість перетинань скоротилося вдвічі. У





такому вигляді виходить, що кільце пере-  
кривається лише один раз. Також для до-  
сягнення більшої точності розрахунків, слід  
врахувати площу, яку займають два кільця.  
Тобто необхідно врахувати на скільки змен-  
шується площа кілець при взаємному пере-  
тині. Ця площа, площа обох кілець, буде  
обчислюватись за формулою:

$$\Delta = 2 \left[ \alpha (R_c + r_p)^2 - (R_c - 2r_p)(R_c + r_p) \frac{\sqrt{6R_c r_p - 3r_p^2}}{R_c + r_p} \right].$$

Врахувавши всі ці фактори, площу пе-  
ретину та кут нахилу кілець, ми можемо  
обчислити ефективну площу одного кільця  
( $S_{ef}^1$ ). Ефективну площу одного кільця об-  
числюємо за формулою:

$$S_{ef}^1 = K_n \left\{ \pi (R_c + r_p)^2 - \Delta \right\}.$$

Відповідно цьому, площа кольчуги об-  
числюється за формулою  $S_{tot} = N_c S_{ef}^1$ . Зна-  
ючи площу кольчуги та ефективну площу  
кільця, можна встановити кількість кілець:

$$N_c = S_{tot} / S_{ef}^1.$$

Були проведені розрахунки для коль-  
чуги, яка мала площину 1,1 м<sup>2</sup>. Кільця мали

діаметр 14 мм і товщину проволочи 2 мм.  
У результаті, ми отримали кольчугу, яка  
складалася майже з 14 тис. кілець, а також  
мала вагу понад 12,5 кг. Більш повна інфор-  
мація міститься у графічних додатках. На  
яких можна простежити залежність ваги  
кольчуги від розміру кілець та кількості  
кілець від їх розміру. Як ми бачимо, отри-  
мані дані суперечать тим даним, які були  
наведені вище. Ми бачимо, що кількість  
кілець також не співпадає з кількістю кі-  
лець, яку ми наводили вище. Використову-  
ючи ці формули для обчислення всі мож-  
ливих параметрів кольчуг, ми отримуємо  
коливання ваги кольчуг від 2,5 кг до понад  
ніж 80 кг, зрозуміло, що не всі теоретичні  
параметри підходять для використання на  
практиці. Тому необхідно відкинути части-  
ну показників. З нашої точки зору кольчу-  
га, яка мала б вагу менш ніж 4 кг фактично  
не захищала б, а кольчуга з вагою понад  
20 кг – була б занадто важкою, щоб вести  
в ній мобільний бій. Таким чином вага  
кольчуги коливалась в межах 4–20 кг, хоча  
в окремих випадках могла бути і більшою.  
Найлегші кольчуги, скоріш за все, викорис-  
товувались у комбінації з іншим захисним  
обладунком.

Математичний розрахунок ваги та кіль-  
кості кілець у кольчугі дав можливість уточ-  
нення традиційних показників, яких дотри-  
мувались дослідники комплексу озброєння  
доби Давньої Русі. Це дозволяє збільшити  
можливість використання кольчуг у комп-  
лексі з іншим обладунком, якщо вона легка,  
а якщо вона важка – то посилити захист.  
На легку кольчугу йде менше заліза, а у  
поєднанні з неметалевим обладунком, вона,  
у певній мірі, поліпшує захист.

## ДЖЕРЕЛА

1. Археология СССР (с древнейших времен до средневековья). В 20-ти тт. – Т. 15 : Древняя Русь : Город, замок, село / Рыбаков Б. А., Борисевич Г. В., Даркевич В. П., Кирпичников А. Н., Колчин Б. А. и др. – М. : Наука, 1985.

2. Бегунова А. И. Путь через века. – М. : Молодая гвардия, 1988.
3. Бегунова А. И. От кольчуги до мундира. – М. : Просвещение, 1993.
4. Бережинський В. Г. Класифікація озброєння Київської Русі // Академія Збройних Сил України. – К., 1998.
5. Бережинський В. Г. Зброя Київської Русі // НАН України; науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України. – К., 2000.
6. Довженюк В. Й. Військова справа в Київській Русі. – К. : Видавництво АН УРСР, 1950.
7. Древняя Русь в свете зарубежных источников / Ред. Мельников Е. А. В 5 тт. – М. : Логос, 1999.
8. Ипатьевская летопись // Полное собрание русских летописей. – Т. 2. – М. : Издательство восточной литературы, 1962.
9. Історія української культури. В 5 тт. – Т. 1/ Асеев Ю. С., Баран В. Д., Белозор В. П., Боровський Я. Є., Патон Б. Є. – К. : Наукова думка, 2001.
10. История культуры Древней Руси / Ред. Воронин В. В. – М.-Л. : АН СССР, 1948.
11. Кійко В. І. Історіографія розвитку військової справи у Галицько-Волинському князівстві / [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Armia/2008.../23.pdf/](http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Armia/2008.../23.pdf/). Доступ – 14.03.2010 р.
12. Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. – Вып. 3. Доспех, комплекс боевых средств IX–XIII вв. – М. : Наука, 1971.
13. Кирпичников А. Н. Вооружение воинов Киевской Державы в свете русско-скандинавских контактов // Скандинавський збірник. – Вып. 22. – Таллінн : 1977. – С. 159–173.
14. Комар А. В., Сухобоків О. В. Вооружение и военное дело Хазарского каганата // Восточно-европейский археологический журнал. – 2000. – № 2. / [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://archaeology.kiev.ua/journal/020300/komar\\_sukhobokov.htm](http://archaeology.kiev.ua/journal/020300/komar_sukhobokov.htm) . Доступ – 12.06.2009 р.
15. Котляр М. Ф. Нариси військового мистецтва Давньої Русі. – К. : Наш час, 2010.
16. Крип'якевич І. П. Історія українського війська (від княжих часів до 20-років ХХ століття). 4-е вид. – Львів : Світ, 1992.
17. Лаврентьевская летопись // Полное собрание русских летописей. – Т. 1. – М. : Издательство восточной литературы, 1962.
18. Ламеллярный доспех восточнославянского воина начала XIII в. (по материалам раскопок) / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.shpora.org.ua/resources/articles/470.html#>. Доступ – 23.06.2011 р.
19. Рабинович М. Г. Из истории русского оружия IX–XV вв. // Труды института этнографии. Новая серия. – Т. 1. – М – Л. : 1947. – С. 65–97.
20. Радзивилловская летопись // Полное собрание русских летописей. – Т. 38. – Л. : Наука, ЛО, 1989.