

УДК 007.51.001.63:331.101.1



Ю. В. Квітковський

## БІОМЕХАНІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ЗАХИСНИХ БРОНЕШОЛОМІВ

*Розглянуто проблему недостатності врахування біомеханічних властивостей тіла людини (зокрема, голови та шиї) при конструюванні бронешоломів. Наведено загальні засади врахування біомеханічних показників при конструюванні бронешоломів.*

**Ключові слова:** бронешолом, підвіска бронешолома, ергономічні показники, біомеханічні властивості, травма, зручність використання.

**Актуальність теми.** На сьогодні Збройні Сили України і Національна гвардія України офіційно мають на озброєнні, у переважній більшості, сталеві шоломи ще радянського виробництва. Головним чином, це моделі СШ-40, СШ-60, СШ-68 й у порівняно невеликих кількостях – СШ-40м, які є морально застарілими. У російській армії вони вже замінюються на більш досконалі зразки (наприклад, загальновійськовий шолом 6Б26, штурмовий шолом 6Б27, шолом для частин підвищеної боєготовності та повітрянодесантних сил 6Б7 та ін.). Тільки за період 2010–2011 рр. у Росії було виготовлено і передано у війська близько 70 тис. тканинно-полімерних бронешоломів [1]. У Росії головним (але далеко не єдиним) підприємством, що займається розробленням і впровадженням засобів броньового захисту, є ВАТ “НИИ Стали”, а крім того – ФГУП “ЦНИИТОЧМАШ”, ВАТ “Завод имени В. А. Дегтярева”, ВАТ “Концерн «Калашников», ТОВ “НПФ «Техинком», ВАТ “Завод «Луч», НВО “Техника (НИИСТ МВД), НВО “Спецматериалы”, ЗАТ ЦВМ “Армоком”, “Кираса тощо [2].

Водночас в Україні власного виробництва вітчизняних моделей бронешоломів для Збройних Сил і Національної гвардії України фактично бракує. Деяку кількість захисних шоломів було виготовлено в Україні для спецпідрозділів МВС (шолом Ш-307 виробництва ПВП “Технолог”, м. Харків [3]; шоломи “Сфера”, “Каска-1М” [4], “ШПУ”, “Каска-М2” виробництва НВП “Темп-3000”, Київська обл., смт. Ворзель) і закуплено в Росії [5]. Проте ці шоломи були виготовлені й закуплені

у незначних кількостях, і сьогодні їх уже практично не виробляють та не закуповують.

Таким чином, з огляду на обстановку в країні виникає актуальне питання про створення вітчизняних моделей бронешоломів і налагодження власного їх виробництва. Зокрема, необхідно розробляти більш нові й досконалі конструкції підвіски шолома з урахуванням ергономічних та біомеханічних передумов.

**Постановка проблеми.** Наразі в Україні фактично немає Державного стандарту, який регламентує проектування військових бронешоломів. Є загальні технічні умови стосовно бронешоломів [6]. Україна приєдналася до системи міжнародних договорів зі стандартизації військової продукції STANAG (Standartization Agreement), зокрема було прийнято стандарт STANAG 2920 “Балістичний метод випробувань броньованих матеріалів персонального захисту і бойового одягу”. Однак цей стандарт регламентує саме вимоги щодо міцносних характеристик і технології випробування корпусів бронешоломів, а не процес їх конструювання. Крім того, слід зазначити, що кожна країна – член НАТО має власну національну систему стандартизації проектування. Про це свідчить різноманітність конструкцій бронешоломів країн НАТО.

У той же час у Росії такий стандарт було розроблено [7]. Технічні умови стосовно російських військових бронешоломів [8] розроблялися на базі цього стандарту. Проводилися у Росії й наукові дослідження щодо визначення порогів травмобезпеки

голови, захищеної бронешоломом, та аналізу наслідків заброньових ушкоджень голови [9]. Видавалися тактико-технічні завдання на відповідні дослідно-конструкторські роботи, присвячені розробленню єдиного уніфікованого комплексу бойової екіпіровки другого покоління військовослужбовців ЗС РФ, у тому числі й єдиного загальновійськового захисного бронешолома [10].

З усього зазначеного вище впливає наукова проблема недостатнього рівня якості існуючого на озброєнні в Україні військового захисного спорядження з позиції ергономіки та біомеханічних властивостей людського тіла, зокрема голови та шиї.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Протягом 1960–1990-х рр. у Радянському Союзі і на території його колишніх республік, а також за кордоном були видані численні публікації, у яких досить докладно висвітлювалися біомеханічні аспекти виникнення травм голови та шляхи запобігання їм [11–21]. Зокрема, у [20] висвітлювалася біомеханіка черепно-мозкової травми, а також питання моделювання ушкоджень м'яких тканин голови, переломів кісток черепа, забиття головного мозку при різних механізмах травми. Основна увага приділялася поліпшенню амортизаційних властивостей промислових і спортивних шоломів та касок.

У 1988 р. вийшла друком книга [21], окремих розділ якої було присвячено механічній толерантності (рівню опірності зовнішнім механічним впливам) тіла людини і голови зокрема, а також урахуванню її у процесі проектування засобів індивідуального захисту, методам випробування й нормуванню захисних властивостей промислових і спортивних касок та шоломів, шляхам удосконалювання їхніх амортизаційних властивостей. У ній, мабуть, уперше було розглянуто сегмент “голова – шолом” як окрема система зі своїм центром мас. Однак у наведених працях питання зручності носіння касок або шоломів докладно не описувалися або не висвітлювалися зовсім, а військові бронешоломи в принципі не розглядалися.

У 1998 р. інститутом нейрохірургії імені М. Н. Бурденка було видано “Клінічний посібник із черепно-мозкової травми” [22], у першому томі якого докладно описувалася біомеханіка черепно-мозкових травм, у тому числі вогнепальних і вибухових. Оскільки видання було розраховано на цивільних медиків, у ньому не розглядалися питання

виникнення травм голови в результаті заброньової дії куль та осколків. Взагалі механізм виникнення заброньового ураження частин тіла якщо й розглядався у відкритих публікаціях, то лише стосовно до бронезилетів, але не до бронешоломів [23].

У Росії у 2012 р. було прийнято документ, що визначає загальні технічні вимоги й методи випробування захисних касок, застосовуваних у промисловості [24]. У ньому вимоги зручності носіння й експлуатації, а також вимоги до матеріалів підвіски касок були розроблені набагато докладніше, ніж у стандарті на армійські бронешоломи, і містили в собі загальні технічні вимоги до матеріалів, висоти носіння каски щодо голови, параметрів підвіски. Крім того детально розроблені й вимоги до динамічних випробувань касок.

В Україні у 2005 р. набув чинності стандарт, що стосується промислових касок [25], у якому нормуються вимоги до матеріалів і конструкції елементів підвіски, а також до зручності експлуатації з погляду вентиляції.

Також в Україні було зареєстровано деяку кількість патентів на шоломи для захисту від куль [26, 27, 28], однак їхні автори ставили собі за мету запропонувати нові конструкції корпусів, а конструкції підвіски не приділяли увагу.

Публікації [29, 30] були присвячені проблемі недостатності врахування ергономічних характеристик при конструюванні захисних військових бронешоломів, а також науковому завданню з розроблення ергономічних характеристик, які необхідно врахувати при створенні Державного стандарту України на проектування військових бронешоломів. У них наведено основні терміни та визначення, що характеризують складові елементи підвіски бронешолома, запропоновано загальну класифікацію конструкцій підвісок, а також загальні засади врахування ергономічних показників у процесі розроблення конструкції підвіски, основні положення методики ергономічної експертизи конструкцій підвіски військових бронешоломів, розрахунку оцінки їх ергономічних властивостей, а також методики визначення впливу ергономічних показників на військово-технічні властивості бронешолома. Крім того, наводилися результати порівняльного тестування військових бронешоломів, які перебувають на озброєнні в Україні, з різними конструкціями підвіски, що проводилося з метою уточнення функціонального призначення елементів підвіски та оцінки зручності носіння шоломів.

У межах зазначеної проблеми має бути вирішене наукове завдання – сформулювання біомеханічних передумов, які необхідно врахувати при створенні Державного стандарту України на проектування військових бронешоломів.

**Розв’язання завдання.** Як відомо, якщо деякий механічний вплив на тіло людини (сила, тиск, прискорення) перевищує деяку межу, то виникає травма. Верхня межа безпечної для людини механічного навантаження характеризує механічну толерантність тіла людини. За часів Радянського Союзу в літературі, присвяченій захисту людини від несприятливих факторів польоту, були прийняті такі еквівалентні поняття:

- стійкість до впливу прискорень [15];
- допустима величина ударних перевантажень [16];
- функціональна стійкість [17].

Залежно від конкретних умов можуть бути використані різні критерії механічної толерантності – від суб’єктивного відчуття незручності й легкого болю до смертельного результату. Неодноразово були запропоновані різні градації шкідливого впливу підвищених механічних навантажень [21]. Наприклад, відповідно до [7] класифікацію заброньових травматичних пошкоджень в результаті впливу на корпус людини, захищеного бронезилетом, уражаючих елементів подано у вигляді таблиці.

момент зіткнення), можуть істотно змінити не тільки тяжкість, але й характер травми;

– індивідуальні відмінності людей (у межах однієї й тієї ж самої вікової та статевої групи), які поширюються і на механічну толерантність, зокрема, механічну міцність тканин тіла (у 2–2,5 рази) [21];

– неможливість проведення руйнівних випробувань на живій людині.

Розрізняють механічну толерантність у відношенні до прискорення тіла і контактних сил. Цілком очевидно, що толерантність різних органів і систем людського тіла до прискорення неоднакова: деякі з них травмуються за менших величин і тривалостей прискорення, ніж інші.

Поширеним явищем у разі сильного удару по голові (або головою об тверду поверхню) є струс мозку. Хвилі деформації, що лежать в основі струсу, можуть бути наслідком деформації черепа і (або) прискорення голови та інших елементів тіла при ударній взаємодії. Може трапитися, що кісткові покриви головного мозку залишаються неушкодженими, але, тим не менше, має місце більш-менш важка патологія. У бойових умовах типовим прикладом може бути зіткнення голови в захисному шоломі з твердим уражаючим елементом.

Перелом шийних хребців відносять до числа дуже небезпечних травм, що нерідко закінчується

Класифікація заброньових травм за ступенем тяжкості

| Ступінь тяжкості заброньової травми | Морфологічні ознаки травми   |
|-------------------------------------|--|
| 1 – легка                           | Садна, синці й обмежені підшкірні гематоми. Поодинокі осередкові субплевральні крововиливи   |
| 2 – середня                         | Забиті рани. Осередкові внутрішньом’язові крововиливи. Поодинокі крововиливи у брижі кишківника  |
| 3 – тяжка                           | Закриті та відкриті переломи ребер. Розриви плеври, крововиливи в тканину легенів. Крововиливи під оболонки серця, під капсулу внутрішніх органів черевної порожнини і заочеревинного простору. Субсерозні крововиливи у кишківнику, розриви брижі. Обмежений гемопневмоторакс, гемоперітоніум. Переломи відростків хребців без пошкодження спинного мозку |
| 4 – вкрай тяжка (летальна)          | Розриви і розтотчення внутрішніх органів. Масивні великі крововиливи в речовину внутрішніх органів. Закрита травма хребта з пошкодженням спинного мозку. Пошкодження великої кровоносної судини (артерії або вени)   |

Проте навіть якщо критерій вибрано, точну межу толерантності навряд чи можна визначити. Це можливо пояснити трьома основними причинами, зокрема:

- різноманітні умови, що призводять до травми (невелика зміна пози, напрямки свого руху і руху уражаючого елемента, ступінь активності м’язів у

летальним результатом. Толерантність залежить від механізму травм, які бувають різні. При вертикальному ударі (імітація падіння важкого предмета на голову) переломи шийних хребців відбуваються при силі, еквівалентній статичному навантаженню 4...11 кН [20]. В одному з експериментів, що проводилися в США

з використанням біоманекенів (трупів), переломи шийних хребців відбувалися при піковому навантаженні 5700 Н і енергії удару 250 Дж, що відповідало швидкості зіткнення 7,5 м/с [18]. При випробуванні на біоманекенах спортивних шоломів пошкодження шийного відділу хребта наставали при силі удару, що відповідала силі стиснення шиї 6672 Н [19]. У той же час, якщо удар випробувального бойка припадав не по центру голови і відбувалося деяке зісковзування його по поверхні корпусу шолома, то руйнування хребців або не відбувалися зовсім, або вони були за набагато більших ударних впливів. Як показали випробування з використанням військових льотних шоломів, голова людини здатна витримати при ударах спереду (у напрямку “лоб – потилиця”) максимальне перевантаження до 38 одиниць (у середньому – 22 одиниці), при ударах збоку (“скроня – скроня”) – максимум 25 одиниць і в середньому 20 одиниць, а при ударах ззаду (“потиліця – лоб”) – відповідно 35 і 18 одиниць [12].

Діапазон допустимих рухів голови у відношенні до тулуба становить, за даними різних авторів, 54,4...72,2° при згинанні та 39,4...93,2° – при розгинанні [31]. Що стосується бічних рухів голови, то межа їх зусиль, що може витримати голова, вище 45,2 Нм; такі зусилля не спричиняють ушкоджень шийного відділу хребта [32].

Руйнування кісток черепа у разі прикладання зосередженого навантаження відбувається при енергії удару 45,2...67,8 Дж [33]. Відмінності значною мірою визначаються площею контактної поверхні: чим вона менша, тим за менших значень енергії удару відбувається руйнування.

Різні ділянки черепа мають неоднакову міцність, що обумовлено їх товщиною і ступенем однорідності кісткової тканини. Автори праці [34], використовуючи у ході випробувань бойок площею 645 мм<sup>2</sup>, отримували під час випробувань переломи черепа в лобовій області при силі 4000 Н, у тім’яно-скроневій 2000 Н, у виличній – при 890 Н.

Пристосування, що входять до складу конструкції підвіски шолома і також застосовуються для захисту голови, призначаються для зменшення заброньової дії зброї внаслідок збільшення часу зіткнення корпусу шолома з головою (пом’якшення удару).

З позиції біомеханіки людського тіла шоломи повинні задовольняти такі основні вимоги:

- знижувати енергію удару, яка сягнула голови;
- захищати голову від ударів, що відбуваються з відносно невеликими швидкостями при великих взаємодіючих масах;
- знижувати амплітуду і збільшувати тривалість ударного імпульсу;
- не збільшувати небезпеку травми шийного відділу хребта при швидких рухах (унаслідок збільшення маси і моменту інерції сегмента “голова – шолом”).

У той же час, як показано у [20], тільки за рахунок перерозподілу енергії удару на велику площу корпусу (так звана, нульова амортизація) шоломи можуть вберегти кістки черепа від переломів, але не мозок від струсів. Тому велика увага, крім їх балістичних характеристик, повинна приділятися і їх амортизаційним властивостям.

Амортизаційні можливості шоломів залежать від таких основних чинників, як:

- розміри, геометрія і матеріал корпусу;
- конструкція і матеріал підвіски.

Цілком очевидно, що поліпшення амортизаційних властивостей шоломів не має супроводжуватися зниженням міцності корпусу та його опору проникаючого впливу уражаючого елемента нижче нормативного рівня. Параметрами захисних властивостей шолома можуть бути:

- питома ударна в’язкість матеріалу корпусу, тобто співвідношення роботи, витраченої на руйнування, до площі поперечного перерізу:

$$\eta = \frac{A}{S}; \quad (1)$$

- ударна якість – співвідношення питомої ударної в’язкості до щільності матеріалу:

$$K = \frac{\eta}{\rho}. \quad (2)$$

На цей час кращі характеристики мають тканинно-полімерні матеріали.

У принципі збільшення розміру корпусу вже приводить до підвищення амортизації удару внаслідок того, що його енергія розподіляється на велику площу. Так, у [35] було показано, що збільшення розміру корпусу шолома і відповідно збільшення відстані від внутрішньої поверхні шолома до голови всього лише на 8,1 мм приводить до зниження індексу тяжкості

травми (ІТТ) у середньому в 2,1 рази. Індекс тяжкості травми – інтегральний показник, що характеризує залежність допустимого середнього уповільнення голови від тривалості удару:

$$I_{BT} = \int_{t_1}^{t_2} a(t)^{2,5} dt \leq 1000. \quad (3)$$

Типові результати випробувань були такі: 2060 одиниць ІТТ (фактично смертельний результат) у разі носіння шолома з меншими розмірами корпусу знижувалися до рівня 1000 одиниць (дуже мала ймовірність травми) при носінні шолома з корпусом збільшених розмірів.

Це дозволяє ефективніше використовувати елементи підвіски, які на більшому шляху переміщення корпусу шолома поглинуть більшу кількість енергії удару. Контакт внутрішньої поверхні корпусу шолома з головою в цьому випадку буде менш імовірний. Однак безмежно збільшувати зазор не можна: це призводить до збільшення розмірів корпусу та відповідно до збільшення його ваги і як наслідок – моменту інерції голови з шоломом, що за різких бічних або згинально-розгинальних рухів голови, викликаних ударом або гальмуванням тіла, збільшує небезпеку травми шийних хребців.

Шоломи повинні забезпечувати умови мінімального за часом контакту голови людини (поверхні шолома) та уражаючого елемента. З цією метою корпуси шоломів мають бути якомога більш обтічні, щоб уражаючий елемент скочувався з корпусу, передаючи зусилля лише по дотичній. При цьому має значення також гладкість зовнішньої поверхні корпусу захисного шолома: якщо вона гладка, то здатна змінити напрямок дії удару, частково відвести його і пом'якшити. Очевидно також, що гладкість поверхні корпусу не повинна суперечити вимогам маскування.

При створенні внутрішньої підвіски шоломів використовують три основних амортизувальних елементи: наголовок, пружні амортизатори і гелеві амортизатори (як експериментальні зразки). Наголовки часто призводять до концентрації ударних зусиль [36], але без них обійтися не можна і, крім того, вони перешкоджають зсуву шолома на голові. Тому у більшості випадків використовують деяку комбінацію наголовка, прокладок та амортизаторів. Ефективність прокладок залежить від їх товщини і фізико-механічних властивостей матеріалу, з якого вони зроблені.

Зазвичай для прокладок використовують пористий матеріал з внутрішніми порожнинами або гелевим наповнювачем. При деформації подібного матеріалу енергія спочатку витрачається на ліквідацію наявних у ньому порожнин (за рахунок чого й забезпечується більший час зіткнення), після цього відбувається вже власне деформація матеріалу, який починає вести себе як моноліт. Прокладки мають встановлюватися у найімовірніших місцях ударів уражаючих елементів.

Амортизуючі можливості різних ділянок шоломів не однакові. Найгірші вони в лобовій частині. Також не всі ділянки корпусів шоломів однакові з точки зору міцності. Зокрема, найгірший показник ступеня травмування встановлений при ударах об передню частину шолома. Це пояснюється кількома причинами:

- дана ділянка шолома знаходиться поруч з переднім лицьовим вирізом, і площа підтримки для наголовка та амортизаторів виявляється мінімальною;

- ця ділянка корпусу близько розташована до місць кріплення підвіски;

- у цьому місці радіус кривизни корпусу виявляється мінімальним (відповідно до анатомічної геометрії голови людини), і тому удар розподіляється по найменшій площі.

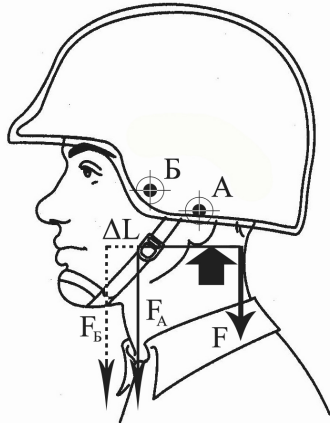
При збільшенні маси і моменту інерції системи “голова – шолом” збільшується небезпека травмування шийних хребців у разі сильних ударів уражаючих елементів. Визначальними є вага шолома (головним чином корпусу), положення його центра мас щодо осі обертання, що проходить через шийні міжхребетні диски, та момент інерції.

Найбільш очевидним тут є вплив ваги шолома. Наприклад, шолом вагою 13,6 Н, що становить приблизно 30 % маси голови, підвищує момент її інерції в 2 рази [14]. У випадку різкого зміщення голови в результаті удару по корпусу шолома уражаючого елемента це може виявитися небезпечним.

Шолом повинен конструюватися так, щоб вертикальна проекція його центра мас при природній позі людини збігалася з вертикальною проекцією центра мас його голови або перебувала дещо позаду неї. В іншому випадку виникає додатковий момент сили ваги  $\Delta L$  (див. рисунок). Носіння шоломів з неправильним розташуванням центра мас спричиняє стомлення м'язів шиї і викликає головні болі.

Проекція центра мас голови людини на поздовжню (сагітальну) площину розташовується

над верхнім краєм зовнішнього слухового отвору (сам центр мас лежить ззаду так званої спинки “турецького сідла” приблизно на 7 мм) [13].



Зміна положення центра мас (ЦМ) голови під час носіння шолома:

- А – положення ЦМ голови без шолома;
- Б – положення ЦМ системи “голова – шолом”;
- $\Delta L$  – збільшення плеча дії сили ваги голови під час носіння шолома

У положеннях випрямившись стоячи або сидячи вертикальна проекція центра мас голови проходить спереду від поперечної осі атланта-потилічного суглоба, що з’єднує череп з першим шийним хребцем (атлантом). Тому голову утримують від нахилу вперед м’язи задньої поверхні шії (потилічної області). Щоб зменшити навантаження на ці м’язи, центр ваги шолома (особливо з урахуванням наявності на ньому навісного обладнання) треба намагатися перемістити якомога більше назад і вниз [37] або ж включити до складу підвіски підтримуючі елементи у потилічній області голови.

На цей час, очевидно, найбільш раціональним засобом захисту області шії від травм, викликаних її швидким зміщенням у результаті потрапляння в корпус шолома уражаючих елементів, можуть бути амортизовані захисні коміри бронезилетів, які можуть знизити небезпеку пошкоджень шийного відділу хребта навіть під час носіння масивних шоломів. Іншими словами, конструювання бронешолома і бронезилета має здійснюватися комплексно, як єдиного комплексу захисного спорядження.

### Висновок

Наразі до засобів індивідуального захисту солдата висувається низка різних вимог, що, зокрема, стосуються й зручності їх використання під час виконання бойових

завдань. У зв’язку з цим у процесі створення нових зразків розв’язують завдання їх комплексної відповідності цим вимогам. Виконання цього завдання не можливе без застосування сучасних досягнень у науці і техніці та без сучасних підходів до конструювання, що враховують не тільки технологічні можливості промисловості, а й ергономічні якості майбутнього зразка. При цьому ефективність зразка визначається тим, якою мірою у процесі його створення були виявлені й ураховані властивості “людини” й “машини”, їх характеристики й особливості. При цьому головним елементом системи “людина – машина” повинна бути “людина”.

### Список використаних джерел

1. Купрюнин, Д. Г. Современные бронешлемы – защитные структуры и технологии изготовления [Текст] / Д. Г. Купрюнин, В. А. Григорян, Е. Н. Чистяков // ВПК. – 2012. – 20–27 марта; там же. – 2012. – 28 марта–4 апр.
2. Ивлиев, Ю. Г. Бронезилеты: как это было [Текст] / Ю. Г. Ивлиев, Е. Н. Чистяков // Мастер-ружьё. – 1999. – № 34/35. – С. 52.
3. На сьогоднішній день виробничу діяльність припинила і виконує тільки охоронні послуги (Технолог ПВП: Інформація о компанії [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://info.webika.com.ua/info.phtml?l=ru&id=106701>). – Назва з екрана.
4. Пуленепробиваемый кевларовый шлем “Каска-1М” Вооруженных Сил Украины, силовых структур [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://worldmilitary.org/ru/ukraine/sredstva\\_zaschity/shlemy\\_kaski/UA-HE-00001](http://worldmilitary.org/ru/ukraine/sredstva_zaschity/shlemy_kaski/UA-HE-00001). – Загл. с экрана.
5. Характеристика спеціальних засобів самооборони і тактика їх застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.refine.org.ua/pageid-5692-1.html>. – Назва з екрана.
6. ДСТУ 78-41-004-97 Шоломи для захисту від куль. Загальні технічні умови [Електронний доступ]. – Режим доступу : <http://www.uazakon.com/document/fpart31/idx31004.htm>. – Назва з екрана.
7. ГОСТ Р 50744-95 Бронеодежда. Классификация и общие технические требования [Текст]. – М. : Госстандарт России, 2003 (обновленный в 2013 г.). – 9 с.
8. ГОСТ РВ 8470-004-2011 Бронешлемы общевойсковые. Общие технические условия: государственный военный стандарт [Текст] :

- введен 2012-07-01. – М. : Стандартиформ, 2012. – III. – 15 с.
9. Сапроненко, И. Н. Разработка критериев травмобезопасности головы, защищенной бронешлемом [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. мед. наук / И. Н. Сапроненко. – СПб, 2005. – 24 с. – Режим доступа : <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-kriteriev-travmobeзопасnosti-golovy-zashchishchennoi-broneshlemom>. – Загл. с экрана.
10. Тактико-техническое задание на опытно-конструкторскую работу “Разработка комплекта боевой экипировки второго поколения для военнослужащих различных специальностей Вооруженных Сил Российской Федерации” (шифр “Бармица-Н2”) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://docs.google.com/document/d/16eZyE0PlpCAge0W63HatK\\_bOdbSsVF6wigTXPhC8vY/edit?pli=1](https://docs.google.com/document/d/16eZyE0PlpCAge0W63HatK_bOdbSsVF6wigTXPhC8vY/edit?pli=1). – Загл. с экрана.
11. Дербоглав, В. В. Судебно-медицинская оценка повреждений костей черепа в зависимости от условий падения на плоскости и характера поверхности соударения [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук / В. В. Дербоглав. – М., 1975. – 28 с.
12. Уманский, С. П. Снаряжение летчика и космонавта [Текст] / С. П. Уманский. – М. : Воениздат, 1967. – 192 с.
13. Зацюрский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека [Текст] / В. М. Зацюрский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов. – М. : ФиС, 1981. – 141 с.
14. Панин, Н. Л. К оптимизации конструкции средств защиты головы [Текст] / Н. Л. Панин // Медико-технические проблемы индивидуальной защиты человека. – М. : ИБ, 1984. – С. 145–150.
15. Васильев, П. В. Пилотажные перегрузки [Текст] / П. В. Васильев, Г. Д. Глод // Авиационная медицина. – М. : Медицина, 1986. – С. 75–100.
16. Гозулов, С. А. Ударные перегрузки [Текст] / С. А. Гозулов, Г. П. Ступаков // Авиационная медицина. – М. : Медицина, 1986. – С. 100–118.
17. Барер, А. С. Понятие функциональной прочности в проблеме объективизации биомеханических требований к средствам защиты и спасения экипажей летательных аппаратов [Текст] / А. С. Барер, Ю. Г. Конахевич // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1987. – № 2. – С. 21–24.
18. Culver, R. H. Mechanisms, tolerances and responses obtained under dynamics of superior inferior head impact [Текст] / R. H. Culver, M. Bender, J. W. Melvin. – Report N PB-299292. – University of Michigan, 1978. – P. 76.
19. An assessment of comprehensive neck loads under injury-producing conditions [Текст] / H. J. Jr. Mertz, V. R. Hodgson, L. M. Thomas, G. W. Nyquist. – Physician and Sport Medicine. – 1978. – Vol. 6. – P. 32–43.
20. Громов, А. П. Биомеханика травмы (повреждения головы, позвоночника и грудной клетки) [Текст] / А. П. Громов. – М. : Медицина, 1979. – 275 с.
21. Аруин, А. С. Эргономическая биомеханика [Текст] / А. С. Аруин, В. М. Зацюрский. – М. : Машиностроение, 1988. – 256 с.
22. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме [Текст] / под ред. А. Н. Коновалова, Л. Б. Лихтермана, А. А. Потапова. – М. : АНТИДОР, 1998. – Т. 1. – 550 с.
23. Молчанов, В. И. Огнестрельные повреждения и их судебно-медицинская экспертиза. Руководство для врачей [Текст] / В. И. Молчанов, В. Л. Попов, К. Н. Калмыков. – Л. : Медицина, 1990. – 272 с.
24. ГОСТ EN 397-2012 ССБТ Каски защитные. Общие требования. Методы испытания [Текст]. – М. : Стандартиформ, 2013. – 41 с.
25. ДСТУ EN 812:2005. Засоби індивідуального захисту голови; Промислові протиударні каски (EN 812:1997, IDT) [Текст] / Л. Гвозденко (пер. і наук.-техн. ред.). – Вид. офіц. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – IV. – 13 с.
26. Шолом для захисту від куль “Дельфін” : пат. UA 57284 А [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://uapatents.com/4-57284-sholom-dlya-zakhistu-vid-kul-delfin.html>. – Назва з екрана.
27. Шолом для захисту від куль [Електронний ресурс] : пат. UA 35032 А. – Режим доступа : <http://uapatents.com/2-35032-sholom-dlya-zakhistu-vid-kul.html>. – Назва з екрана.
28. Спосіб виготовлення шолома для захисту від куль “Дельфін” [Електронний ресурс] : пат. UA 56870 А. – Режим доступа : <http://uapatents.com/3-56870-sposib-vigotovlennya-sholoma-dlya-zakhistu-vid-kul-delfin.html>. – Назва з екрана.
29. Квітковський, Ю. В. Урахування ергономічних показників при конструюванні бронешоломів [Текст] / Ю. В. Квітковський, К. Ю. Василькова // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – Вип. 4(40). – С. 25–31.
30. Ергономічні основи конструювання підвіски військових бронешоломів [Текст] / Ю. В. Квітковський, С. В. Доронін, К. Ю. Василькова, О. М. Іванов // Системи

озброєння і військова техніка. – 2016. – Вип. 2(46). – С. 94–102.

31. Mertz, H. J. Jr. Strength and response of the human neck [Текст] / H. J. Jr. Mertz, L. M. Patrick Proc. 15th Stapp. Car Crash Conf. 1971. – P. 207–255.

32. Patrick, L. M. Response of the human neck in flexion, extension and lateral flexion [Текст] / L. M. Patrick, C. C. Chou Vehicle Research Institute : Report VRI 7.3, SAE New York, 1976. – P. 109–116.

33. Gurdjian, E. S. Protection of the head and neck in sports [Текст] / E. S. Gurdjian, H. R. Lissner, L. M. Patrick // JAMA. – 1962. – Vol. 182. – P. 509–516.

34. Impact tolerance of the skull and face [Текст] / A. M. Nahum, J. D. Gatts, C. W. Gadd, J. Danforth // Proc. 12th Stapp. Car Crash Conf, 1968. – P. 302–316.

35. Hodgson, V. R. National operating committee on standards for athletic equipment: football helmet certification program [Текст] /

V. R. Hodgson // Medicine and science in sports. – 1975. – Vol. 7. – P. 225–232.

36. Gierke, H. E. Effects of shock and vibration on man [Текст] / H. E. Gierke, D. E. Goldman Shock and Vibration Handbook / Eds C. M. Harris, C. E. Crede. – New York : etc. : Mc Graw-Hill Book Company. – 1976. – P. 41–57.

37. Аруин, А. С. Биомеханические основы индивидуальной защиты человека в условиях профессиональной деятельности [Текст] / А. С. Аруин // Здоровье и функциональные возможности человека. – М. : Ин-т биофизики МЗ СССР, 1985. – С. 24.

*Стаття надійшла до редакції 01.03.2017 р.*

**Рецензент** – доктор технічних наук, доцент А. О. Костіков, Інститут проблем машинобудування імені А. М. Підгорного НАН України, Харків, Україна

**УДК 007.51.001.63:331.101.1**

**Ю. В. Квитковский**

### **БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ БРОНЕСШЛЕМОВ**

*Рассмотрена проблема недостаточности учета биомеханических свойств тела человека (в частности, головы и шеи) при конструировании бронешлемов. Изложены общие предпосылки учета биомеханических показателей при конструировании бронешлемов.*

**Ключевые слова:** бронешлем, подвеска бронешлема, эргономические показатели, биомеханические свойства, травма, удобство использования.

**UDC 007.51.001.63:331.101.1**

**Yu. V. Kvitkovsky**

### **BIOMECHANICAL BACKGROUND CONSTRUCTION PROTECTIVE ARMED HELMS**

*The problem of insufficient consideration of biomechanical properties of the human body (including head and neck) when designing Armed helms. We give account of the general principles of biomechanical parameters in the design of armed helms.*

**Keywords:** armed helms, armed helms suspension, ergonomic indicators, biomechanical properties, injury, ease of use.



**Квітковський Юрій Володимирович** – старший викладач кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності фізико-енергетичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна