

## Результати засідання Робочої групи НАТО з навантаження солдата (Embarked Soldier Working Group, ESWG)

Зазначена робоча група є відносно новою експертною спільнотою, що з 1 березня 2016 року функціонує в складі Групи НАТО з розвитку спроможностей систем військовослужбовця у пішому порядку (LCG DSS) Групи з озброєнь сухопутних військ (AC/225, NAAG) Конференції національних директорів з озброєння (CNAD). Основним завданням робочої групи ESWG є вирішення проблем стандартизації навантаження персоналу, гармонізації вимог до обсягів екіпіровки солдат, сидінь та ременів безпеки.

Чергове засідання ESWG відбулося 3–4 квітня 2017 року поблизу м. Квантіко (штат Вірджинія, США). У роботі ESWG брали участь 10 експертів, що представляли Бельгію, Нідерланди, Сінгапур, Корпус морської піхоти США (USMC), Україну, а також Університет штату Мічиган та компанію HumanSystems Inc.

Згідно з порядком денним **керівник ESWG** доктор Брейн Корнер здійснив брифінг щодо цифрового 3D моделювання фігур солдатів, яке застосовується в USMC на підставі статистичних даних, отриманих під час антропометричних досліджень “USMC 2010 Anthropometric Survey” ([www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA581918](http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA581918)). При цьому були висвітлені підходи на основі аналізу головних компонентів (Principal Component Analysis, PCA), застосування форматів даних PLY та NURBS, нелінійної B-сплайнової апроксимації у CAD-системах. Вивчаються як чоловічі, так і жіночі 3D моделі для оцінки різних варіантів компоновки та навантаження дослідного зразка тактичної бронемашини JLTV (Joint Light Tactical Vehicle), інших наземних і повітряних транспортних засобів.

**Представник Нідерландів** презентував проект сидіння і механізму кріплення для бойових машин. Цікаво, що зазначене сидіння кріпиться не до стелі кабіни, а до бокової стінки. Це є менш ефективним варіантом, оскільки позбавляє додаткового часу на поглинання енергії вибуху порівняно з кріпленням сидіння до стелі. У той же час, запропонована удосконалена система ременів безпеки дозволяє забезпечити фіксацію тіла в плечах, у поясі та на рівні стегон. Доповідач вказав на потребу стандартизації інтервалу між верхівкою шолома та корпусом машини, який, на його думку, має бути не менше половини висоти шолома.

**Представник України** (автор цих інформаційних матеріалів) виступив з презентацією, в якій було представлено концепцію протимінного захисту сидінь бойових машин на основі металевих демпферів, що змінюються, розроблену представником ЦНДІ ОВТ ЗС України Л. Давидовським. Спираючись на результати досліджень Л. Давидовського, експертам було запропоновано *уніфікувати конструкцію сидінь бойових машин та вертольотів шляхом використання однакових*

*за габаритами, але різних за стійкістю до зминання демпферів.* При цьому слід врахувати, що пікове прискорення при жорсткій посадці вертольота в режимі авторотації (Autorotation, Autoflug) становить 14...30g тривалістю 70...180 мс, тоді як усередині автомобіля з протимінним захистом (MRAP) оцінюється на рівні 40...100g з терміном дії 10...30 мс.

**Представник компанії HumanSystems Inc.** ([www.humansys.com](http://www.humansys.com)) David Tack презентував розробку устаткування для тестування розміщення сидячих місць у транспортних засобах, що відпрацьовується в рамках проекту “Seated Test Accommodation Rig” (STAR). Він навів огляд літератури з тематики антропометричних досліджень солдатів у сидячому положенні. При цьому заслуговують на увагу публікації Центру ергономіки Мічиганського університету (<https://c4e.engin.umich.edu/research/publications/>), зокрема: Yaser Zerehsaza, Jionghua (Judy) Jina, Sheila M. Ebertb and Matthew P. Reed. Development of seating accommodation models for soldiers in vehicles // Ergonomics, 2016. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2016.1184760>.

Основною метою проекту STAR є розробка реконфігурованої системи моделювання місць водіїв для оптимізації параметрів сидінь при проектуванні. При цьому забезпечується оцінка ступеня придатності місць розташування морських піхотинців в існуючих конструкціях транспортних засобів залежно від антропометричних даних та екіпіровки, підтримка інтелектуальної адаптації тактичних транспортних засобів для інтеграції і розміщення морських піхотинців у всьому діапазоні форм їхнього тіла, визначення вимог до розмірів, необхідних для оптимізації дизайну сидінь.

Основою механічного симулятора місць водіїв є каркасна платформа, на якій за допомогою навісних модулів відтворюється інтер'єр робочого місця водія досліджуваного транспортного засобу. Система передбачає можливість регулювання положення сидіння по висоті на 292 мм та по горизонталі – на 272 мм. Доповідач звернув увагу на ключову роль стандарту MIL-STD-1472G для визначення меж регулювання сидінь, нахилів ніг та ін. При цьому мережа сенсорних датчиків фіксує всі налаштування, інформація про які заноситься в базу даних для кожного з учасників досліджень. Після збору статистики налаштувань формуються вимоги до оптимальних параметрів сидінь та необхідних меж їх зміни. Те ж стосується керма та педалей, при цьому записуються як параметри налаштувань, так і рівні механічних зусиль водія.

При обговоренні доповіді **представник України** висловив кілька конструктивних ідей щодо перспективних підходів до дизайну сидінь:

у подальших розробках сидінь для екіпажу та солдатів врахувати розміри екзоскелетів (ввести на додаток до типових рівнів спорядження ACU (advanced combat uniform), PPE (personal protective equipment), ENC (encumbered, ACU+PPE+hydration pack+tactical assault panel) їх модифікації з екзоскелетом);

розглядати екзоскелети як складовий елемент конструкції сидінь, використовуючи екзоскелети не тільки як частину механізму фіксації солдата на сидінні, а й для захисту від перевантажень під час підриву мін;

запровадити смарт-сидіння, що автоматично регулювали б свої габаритно-кутові параметри під антропометричні дані конкретного бійця, чиє ім'я внесене до бортової бази даних.

Підґрунтям для реалізації зазначених смарт-функцій самоналаштування крісел є використання під час антропометричних досліджень проекту STAR у складі експериментальних зразків сидінь мережі цифрових та механічних сенсорів з цифровим зчитуванням їхніх показів. Ідея полягає в тому, щоб в реальному масштабі часу всі дані про кути нахилу, відстані між сидіннями та їхні розміри автоматично заносилися в бортовий комп'ютер для кожного солдата з тим, щоб за збереженими в такий спосіб у бортовій базі даних параметрами в подальшому автоматично підлаштовувати параметри сидінь у випадку зміни членами екіпажу своїх функцій чи пересаджування на інші місця в бойових умовах, а також зміни бойових машин під час транспортування. У той же спосіб можливо буде автоматично адаптувати сидіння у вертольотах під час перевезень особового складу та при пересаджуванні з вертольотів у бойові машини, і навпаки. При цьому функції смарт-сидінь щодо автоматичної адаптації габаритно-кутових налаштувань слід розповсюдити і на педалі та кермо водія, регулюючи положення керма та нахил поверхні педалей за допомогою відповідних сенсорів.

Спираючись на той факт, що для водія вимоги до сидіння будуть іншими, ніж для командира та солдатів, оскільки водій повинен натискувати на педалі, *представник України* запропонував окремо стандартизувати вимоги до сидіння водія бойової машини, й окремо – для решти членів екіпажу. Ця пропозиція була підтримана керівником групи, який зазначив, що стандартизацію вимог сидінь солдатів буде зробити простіше, при цьому можливо стандартизувати вимоги до крісел залежно від функцій солдата у відділенні, наприклад, виділивши окремо вимоги до крісла командира.

*Представник Дослідного інституту транспортування Університету штату Мічиган (University of Michigan Transportation Research Institute)* Метью Рід (Matthew P. Reed, <http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/>) надав інформацію про цифрове 3D моделювання людини у сидячому положенні з обстеженням військовослужбовців сухопутних військ США для оцінки місць розташування солдатів та прогнозування положення водіїв у процесі керування транспортним засобом. Приклади аналогічних моделей наведені на сайті <http://humanshape.org>.

Доповідач також продемонстрував, як в пакеті “Mathematica” формується 3D-модель сидячої фігури на основі даних лазерного сканування 315 військовослужбовців у сидячому положенні. Програмний продукт “Mathematica” обрано для побудови моделей, оскільки використовувати Solidworks для подібних завдань виявилось складно. Крім того, отримана модель легко тиражується для формування сукупної моделі всього відділення солдат у кріслах, для розгляду різного рівня їх екіпіровки (у тексті програми ставиться або видаляється лише символ коментаря перед описом необхідної частини оснащення). Зазначені моделі застосовуються також для виготовлення манекенів з метою проведення креш-тестів транспортних засобів.

Заслугує на увагу категорія моделей, що описують статистичні границі тіла людини (верхівки шолома, грудної клітини, колін, так званий еліпс очей). Ці моделі дозволяють визначити безпечні дистанції від крісла до органів управління, корпусів машини тощо.

При обговоренні доповіді *представник України* запропонував реалізувати можливість *трансформації 3D моделі стоячої людини (аватара) у модель у сидячому положенні*, що полегшило би процес збору статистики, а також *поєднати геометричні 3D моделі солдат з моделлю розподілу тиску на різні ділянки тіла та з фізіологічною моделлю кровообігу*, яка б формувалась за допомогою ультразвукових сканерів. Потреба в таких комбінованих моделях обумовлена необхідністю заміни суб'єктивної оцінки ергономічних властивостей сидінь та механізмів фіксації тіла об'єктивною системою показників кровообігу. Експерти погодились з перспективністю таких моделей, зазначивши, що вони відкривають новий напрям досліджень. При цьому було акцентовано увагу, що аналіз необхідно проводити на капілярному рівні, тоді як знати лише картини розподілу механічного тиску буде замало.

Згідно з ухваленим порядком денним учасники засідання ESGW провели особисте *тестування можливостей розміщення членів екіпажу в дослідному зразку бронемашини Oshkosh JLTV*. При цьому було використане надане всім експертам бойове спорядження із засобами індивідуального бронезахисту. Як об'єкт тестування було задіяно модифікацію JLTV, випробування якої в морській піхоті США розпочалося в лютому 2017 року (має замінити машини HMMWV). Габаритні розміри JLTV (рис. 1): ширина – 242,1 см, довжина – 536,7 см, висота – 292,4 см, інтервал між центрами переднього та заднього коліс – 330 см, діаметр колеса – 107 см. Споряджена маса – 5,866 т, максимальна повна маса – 10,9 т. Встановлена автоматична коробка передач (наявні лише педалі гальмування та газу). Товщина дверної бронеплити – 30 мм. Слід зазначити, що в показаному дослідному зразку JLTV, який є зменшеним варіантом MRAP, сидіння членів екіпажу кріпляться до днища машини через спеціальні пари пружинних та телескопічних демпферів. Для поглинання енергії вибуху мін у ногах усіх членів екіпажу розташовуються пластико-повітряні поглиначі удару, що спрацьовують на зминання. У підвісці шасі використані еластомерні



Рис. 1. Дослідний зразок JLTV

демпфери (GBA 18) із запатентованою компанією Miner Elastomer Products Corporation (MEPC, minerelastomer.com) матеріалу TecnPak®, який у 10 раз довговічніше резини і в 20 разів міцніше уретану. У машині відсутнє дистанційне керування зброєю, тому крім 4 сидінь передбачене окреме місце для розташування стрілка у верхньому люкові, при цьому апаратний стіл виконує роль підставки для ніг. Механізм регулювання кліренсу дозволяє забезпечити горизонтальне положення машини при нахилах ґрунту до 40 град. Водій та командир мають смарт-дисплеї (DSDU (Driver Smart Display Unit) та CSDU відповідно), до яких можливе підключення USB-клавіатури та флеш-карт. Смарт-дисплеї типу SD7310 виготовлений компанією General Dynamics Canada Ltd (www.gdcanada.com), має діагональ 10,4 дюйма (1024x768 XGA), резистивний тач-скрін, вбудований процесорний модуль Intel® Core™2 Duo з частотою 1,6 ГГц, робочий діапазон температур від -46 до +71 град. Можливе використання більш потужних моделей SD7410, SD8010 (з 2015 року компанія отримала назву General Dynamics Mission Systems, Canada). Бортове живлення доступне в номіналах 12 В та 24 В постійного струму, наявна розетка на 120 В змінного струму. Між кріслами другого ряду передбачено підключення пристрою криптозахисту KGV-72, терміналу мережі MANET EPLRS (Enhanced Position Location Reporting System, швидкість передачі даних 2 Мб/с), супутникової навігаційної системи GB-GRAM (Ground-Based GPS Receiver Application Module), багатодіапазонного радіо. Вказані пристрої мають однотипні 6-контактні роз'єми. Усі антени розгортаються автоматично за командою з пульта. Рюкзаки розташовуються зовні машини в спеціальних нішах, у середині ж відведене місце для 2–6 ракет та боксів з 40-мм гранатами.

Особисті враження від перевірки можливості розміщення на сидінні водія JLTV у повній екіпіровці свідчать, що *проблема оптимізації сидінь та механізмів кріплення ще далека від остаточного вирішення*. Гострими лишаються проблеми термінової евакуації з кабіни в повній екіпіровці, компенсації збільшення габаритів тіла за рахунок наявності бронезилета на спині (після видалення відповідного сегмента із спинки

крісел його подальше зберігання не продумане, обмежене відсування крісла від керма). Застосування нижнього центрального ременя в системі ременів безпеки фірми IMM1 здається травмонебезпечним і програє конструкції, анонсованій у доповіді представника Нідерландів, де була передбачена фіксація стегон.

Слід також вказати, що оптимальна для тривалої їзди підгонка крісел не відповідає їхній конфігурації, оптимальній для мінімізації часу на екстрену евакуацію. Тому *функцією майбутніх смарт-сидінь могло б бути не лише запам'ятовування оптимального для кожної людини налаштування параметрів крісел на тривалу їзду, а й окремої оптимальної конфігурації на випадок екстреної евакуації*. У такому разі попередньо визначена евакуаційна схема крісла, що налаштована під конкретного користувача, може бути моментально реалізованою за командою з пульта керування, щоб створити сприятливі умови для мінімізації часу на покидання машини та зайняття пішого бойового порядку.

Результати тестування JLTV засвідчили, що проблеми, якими займається група ESWG, не є надуманими і досить актуальні, незважаючи на сучасний арсенал передових технологій проектування. Відсутність прогресу в їхньому вирішенні з урахуванням відповідального підходу до пошуку компромісу в задоволенні ергономічних та безпекових вимог відкладає серійну закупку JLTV до прийняття виключно вольових рішень.

На завершення засідання ESWG його учасники сформулювали **основні завдання діяльності експертів робочої групи**:

1. Розробити стандартну методологію оцінки розміщення солдатів та членів екіпажу, у тому числі систем утримання (фіксації) тіла, у транспортних засобах (повітряних/наземних/морських), узагальнити інформацію про конструкції крісел, пристроїв фіксації, що використовуються державами-членами НАТО та країнами-партнерами. *Результат*: а) документ, що описує стандарт з оцінки; б) документ, який деталізує методологію оцінки; в) документ, що узагальнює конструкції крісел/пристроїв фіксації по країнах.

2. Розробити стандарт для отримання 3D-моделей солдатів на основі антропометричних даних держав-членів

НАТО (приклади підходів: а) параметричні статистичні моделі, б) моделі головних компонентів (PCA)). *Результат*: документ зі стандартними моделями (STANREC), що містить приклад комп'ютерного коду в API з відкритим вихідним кодом чи SDK, тестові дані і моделі для перевірки реалізації програмного забезпечення.

3. Запропонувати методологію створення моделей солдатів в екіпіровці для використання в комерційних САПР, що широко застосовуються інженерами в державному та приватному секторах промисловості, а також для оцінки необхідних просторових вимог відповідно даним параметричної статистики. *Проміжний результат*: документ, який узагальнює методологію за допомогою алгоритмів і приклад комп'ютерного коду для автономного API з відкритим вихідним кодом або SDK. Будуть надані приклади даних і моделей для перевірки реалізації програмного забезпечення (AEP).

4. Дослідження необхідних просторових вимог для екіпірованих солдатів з використанням навантажень, що базуються на сценаріях групи з навантаження солдата (Soldier Burden Group) панелі HFM (RTG-238) Організації НАТО з науки та технологій (STO) та групи SCAG LCG DSS. Опитування зацікавлених країн з метою формування переліку обладнання для підтримки

сценаріїв. *Результат*: документ, що містить детальний опис конфігурацій екіпіровки солдатів кожної з країн НАТО залежно від марки транспортного засобу та сценарію (STANREC і/або AEP) (*пропозиції щодо врахування сценаріїв бойових дій та типових навантажень для місії були надані представником України*).

5. Координація з більш широкою групою експертів з інтеграції систем людини (Human Systems Integration, HSI) щодо надання 3D-моделей та іншої антропометрії або інформації про людські чинники.

У результаті обговорення першочергових завдань була визначена потреба в розширенні кола експертів ESWG за рахунок операційних користувачів, спеціалістів з крісел та захисту машин, експертів з антропометрії та спорядження солдатів. Як найближче завдання було визначено необхідність оновити інформацію про наявні в країнах-учасницях стандарти з антропометрії (1D і 3D), відповідне обладнання для отримання антропометричних даних (1D і 3D) та наявний доступ до таких даних.

**В. І. Слюсар**, доктор технічних наук, професор (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)