

Скиба О.В., Панасенко С.В., Шульга С.І. Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Омельянчук А.В. Головне управління Генерального штабу Збройних Сил України

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДХОДІВ ІНЖЕНЕРНОЇ ПСИХОЛОГІЇ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ РОЗМІЩЕННЯ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ РОБОЧИХ МІСЦЬ ОПЕРАТИВНОГО СКЛАДУ ПУНКТІВ УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ, РОЗГОРНУТИХ НА РУХОМІЙ БАЗІ

У статті авторами описуються способи вирішення виявленої у ході випробування проблеми дискомфорту службових осіб пунктів управління, розгорнутих на рухомій базі машини штабної, виготовленої одним із вітчизняних виробників.

Вирішення зазначеної проблеми пропонується здійснити із застосуванням національних стандартів в області ергономіки та поглядів фахівців з інженерної психології. Зокрема, розглядаються, математично описуються та графічно відображаються підходи до вивільнення робочої зони шляхом зміни положення технічного засобу обробки та передачі інформації для операторів, що мають різні антропометричні дані та виконують свої обов'язки у різних положеннях, обумовлених характером діяльності. Запропоновані зміни також орієнтуються на дотримання вимог нормативно-технічних документів стосовно величини кута лінії погляду, кута зору та покриття простором розпізнавання зони перебування очей оператора.

Отримані результати можна застосувати при проєктуванні машин штабних та при організації роботи у вже виготовлених зразках, у разі виникнення незручності використання технічних засобів обробки і передачі інформації, зокрема ноутбуків. Втілення запропонованих підходів сприятиме підвищенню показників зручності, якості та оперативності виконання своїх обов'язків оперативним складом пунктів управління, розгорнутих на рухомій базі.

Ключові слова: *машина штабна, робоче місце, автоматизоване робоче місце, інженерна психологія, засоби відображення інформації, простір розпізнавання, лінія погляду, кут лінії погляду, кут зору.*

Постановка проблеми. Функціонування пунктів управління (ПУ) Збройних Сил (ЗС) України у польових умовах здійснюється як у стаціонарних приміщеннях і фортифікаційних спорудах, так і на рухомій базі. Розвиток форм і способів застосування ЗС обумовлює нарощування можливостей з управління військами, а відтак – створення відповідних підрозділів на ПУ та включення оперативного складу з числа фахівців певного напрямку.

Проте збільшення чисельності ПУ спричиняє іншу проблему – складність розміщення оперативного складу таким чином, щоб забезпечувалася як ефективність, так і зручність виконання ним своїх обов'язків. Ця проблема загострюється при розгортанні елементів ПУ на рухомій базі, коли у спеціальних модулях (СМ) фіксованого розміру, встановлених на автомобільному шасі, необхідно розмістити якомога більше оперативного складу. Такі підходи вимагають пошуку варіантів щодо оптимізації розмірів та способів розташування устаткування і технічних засобів, якими обладнані СМ. При цьому доцільно врахувати результати дослідження в області ергономіки та інженерної психології.

У зазначеній статті терміни використовуватимуться у таких значеннях, запроваджених державними стандартами:

– робоче місце (РМ) – частина простору, призначена для трудової діяльності, обладнана засобами відображення інформації, органами керування, допоміжним устаткуванням і пристосована для виконання робочого завдання людиною [1, пп. 4.7.19];

– автоматизоване РМ (АРМ) – комплекс, який складають дисплей з процесором чи без нього, що може бути забезпечений клавіатурою та (або) вхідним пристроєм, та (або) програмним забезпеченням, які визначають взаємодію людина – машина, додатковим приладдям, периферійними пристроями та безпосереднім робочим устаткуванням [2, п. 3.26];

– лінія погляду – лінія, що з'єднує точку фіксації погляду і центр зіниці [3, п. 2.18];

– нормальна лінія погляду – нахил лінії погляду відносно горизонтальної площини, за якого м'язи, призначені для орієнтації очей, розслаблені [4, п. 3.6];

– кут лінії погляду ($\alpha_{\text{лп}}$) – кут між горизонтальною лінією і візуальною віссю ока (лінія, що з'єднує точку фіксації і центр зіниці) [2, п. 3.15];

– кут зору (α_z) – кут між лінією погляду та лінією, перпендикулярною до поверхні дисплея у точці перетину лінії погляду з поверхнею зображення на дисплеї [3, п. 2.1].

Актуальність дослідження. Останні роки у ЗС України, за участю вітчизняних промисловців, активізувалася діяльність із забезпечення органів військового управління можливістю функціонування у польових умовах з розміщенням оперативного складу ПУ (об'єднаного (основного), передових командних пунктів, допоміжних ПУ) на рухомій базі.

Так, впродовж останніх років пройшли випробування зразки машини штабної (МШ) з причепом штабним (ПШ) виробництва ТОВ “Південьавтобуд”, а МШ з причепом змінного об'єму цього ж виробника після вдалих визначальних відомчих випробувань проходила підконтрольну експлуатацію у підрозділах ЗС України.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. У ході випробувань вищевказаних зразків окрема увага приділялася здатності реалізованих конструктивних підходів забезпечити зручність виконання оперативним складом ПУ своїх обов'язків.

Слід зазначити, що забезпечення зручності РМ є не тільки вимогою ЗС України [5, пп. 3.6.1], а й нормативно-технічних документів, зокрема [6, п. 4], [7, п. 5.1], [8, п. 6.7, п. 7.1], [2, п. 4.1], [4, пп. 6.2.1], [9, п. 4] та інших.

Результати перевірки ергономічності, які зазначені у [10, п. 6.1] засвідчили, що внаслідок розміщення на РМ телефонних апаратів та ноутбуків залишається обмаль вільного місця, що ускладнює роботу оперативного складу ПУ з документами (Рис.1).



Рис.1. Вигляд РМ у СМ МШ з ПШ при розміщенні на ньому ноутбука та засобів зв'язку

Зазначені недоліки зумовлюють пошук рішень, які одночасно задовольнили б і потребу розміщення оперативного складу (без зменшення його чисельності), і його зручну роботу. Знаходження та подальша реалізація таких рішень дозволить, через покращення зручності, підвищити сконцентрованість, уважність, а відтак і безпомилковість та загальну ефективність роботи оперативного складу ПУ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи, що СМ у МШ з ПШ мають фіксовані розміри і призначені для розміщення чітко визначеної кількості оперативного складу, дослідження авторів статті від самого початку були цілеспрямовано сфокусовані на пошуках шляхів більш раціонального розташування засобів обробки інформації (ноутбуків).

Результати опрацювання нормативно-технічних документів.

Стандарт [3], який викладає вимоги до відеотерміналів, зазначає, що при організації РМ відстань між екраном та очима оператора повинна бути не меншою 400 мм. Дисплей рекомендовано встановлювати таким чином, щоб кут лінії погляду не перевищував 60° , а кут зору був не більше 40° .

У [4] ергономічні показники до АРМ пропонується враховувати для чотирьох різних поз оператора: нахилення вперед (спостереження з високим рівнем уваги), вертикальне

положення або пряма поза (для друкування, оперативного керування), відхилення назад (спостереження) та розслаблена (спостереження). До того ж у [4, пп. 5.2.2] зазначено, що відстань спостереження має становити не менше 500 мм, а для зменшення напруження зору – не менше 700 мм.

Інший стандарт [2], який присвячений організації АРМ та вимогам до робочої пози оператора, надає ідентичні до [3] рекомендації щодо максимуму кута лінії погляду, зазначаючи, що при перебуванні людини у положенні сидячи в ненапруженому стані величина цього кута становить 35° . При цьому найважливіші візуальні індикатори рекомендується розміщувати у зоні, що не перевищує $\pm 15^\circ$ у вертикальному та горизонтальному напрямку від лінії погляду. Оптимальним кутом зору визначено 0° , а максимально допустимим 40° . Мінімальна довжина лінії погляду повинна бути 400 мм, оптимальна – 600 мм.

Стандарт, який стосується питань взаємного розташування елементів РМ [7], зазначає, що розміщення предметів на РМ має сприяти оптимальному режиму праці, попередженню появи помилкових дій, забезпечувати “можливість ведення записів, розміщення документації й матеріалів, використовуваних людиною-оператором” [7, п. 5.1].

Положення [8], в залежності від здатності оператора сприймати візуальну інформацію, розрізняє наступні зони:

- зона найкращого бачення – геометричне місце точок розрізнення знаків, що представляє собою сферу, обмежену точками граничного розрізнення знака;
- зона ясного бачення – геометричне місце точок розрізнення знаків, у якому чітко сприймаються всі розміщені в ній знаки;
- зона периферійного зору оператора – геометричне місце точок розрізнення знаків, у якому знаки сприймаються в узагальненому вигляді без подробиць форми й кольору.

У стандарті також зазначено, що РМ операторів необхідно розташовувати в зоні найкращого бачення, яка повинна забезпечити однозначне сприйняття знакової індикації.

Нормативно-технічний документ [11], який стосується вимог дизайну та ергономіки, зазначає, що при їх формуванні визначають та аналізують чинники, що впливають на якість діяльності операторів, зокрема й рівень комфорту на РМ.

Результати опрацювання наукових та інших публікацій у сфері інженерної психології.

У [12, С. 62] найважливішою складовою діяльності оператора вважається процес приймання інформації про об’єкт управління. Зазначається, що точне сприйняття зорових сигналів здійснюється у центральній частині поля зору, де і повинні перебувати найважливіші елементи РМ. Також у публікації зазначено, що в ході проектування РМ вирішуються завдання розміщення працюючої людини з урахуванням оптимального огляду засобів візуального та звукового подання інформації [12, С. 109].

У [13] пропонується поле зору оператора поділити за принципом, схожим до [8], на три частини: центральне поле, поле ясного бачення та периферичне поле. Такий поділ застосовано і у [14, С. 114], згідно з яким для поля центрального бачення кут становить $\approx 4^\circ$, ясного бачення – від 30° до 35° , периферійного бачення – від 75° до 90° .

У навчальних матеріалах [15], [16] та [17] описані підходи інженерної психології та ергономіки, які потрібно враховувати при розробленні РМ оператора, що у свою чергу призводить до підвищення якості використання людино-машинних систем.

Так, у [15, п. 3.3] також пропонується поділ поля зору людини на три зони. І на підставі зазначеного, а також з урахуванням відомого положення оператора (сидячи або стоячи) і дальності лінії погляду, рекомендується розраховувати розміри та висоту верхнього краю засобу відображення інформації. При цьому максимальна висота верхнього краю засобу відображення інформації, на відміну від положень більшості опрацьованих стандартів, може перебувати вище лінії ока.

Також публікації [15] та [16] доводять залежність швидкості роботи оператора від латентного періоду (час від появи сигналу до його виявлення людиною), який, у свою чергу, залежить від організації РМ, у т.ч. розташування засобів відображення.

За матеріалами [18] поле зору оператора також пропонується розглядати зоновано. Монітор рекомендовано розташовувати на відстані $500 \div 700$ мм від очей, верхню частину екрана – не вище рівня очей, а кут лінії погляду на центр екрана повинен бути нижче горизонтальної лінії і становити приблизно $15^\circ \div 30^\circ$. Що стосується організації АРМ, у [18, С. 59-60] зазначено, що воно повинно забезпечувати можливість швидкого та безпомилкового сприйняття інформації, а засоби відображення мають забезпечувати огляд і видимість з РМ всіх індикаторів, а також можливість легкого впізнання будь-якого з них.

Таким чином, усі опрацьовані джерела свідчать про важливість організації РМ як чинника, що впливає на процес та ефективність дій оператора. Нормативно-технічні документи, навчальна і наукова література мають певні відмінності щодо окремих показників інформаційної взаємодії людина – машина. Водночас, з'ясовані підходи та окреслені рамки дозволяють скоригувати напрями досліджень та виробити пропозиції щодо організації або удосконалення РМ (АРМ). При цьому автори статті надають перевагу стандарту [4], оскільки у ньому розглядаються не узагальнені підходи, а розмежовані для різних положень (поз) оператора та їх найменших (5-й перцентиль) і найбільших (95-й перцентиль) антропометричних даних.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Якщо організація діяльності льотного складу, авіадиспетчерів, особового складу, що безпосередньо здійснює керівництво складними системами, проводиться з урахуванням вищеописаних підходів, то обладнання РМ оперативного складу ПУ ЗС України лише частково та епізодично орієнтується на результати досліджень в області ергономіки та інженерної психології. Організація РМ ПУ ЗС України на рухомій базі зазвичай взагалі не достатньо враховує аспекти зручності. Особливо це стосується зразків МШ, виготовлених ще за часів СРСР. Наразі, з початком постачання до ЗС України МШ з ПШ та інших подібних машин, які більш габаритні за радянські та орієнтовані на потреби людини, але при цьому все-таки мають певні проблеми зручності, виникає потреба в удосконаленні (виправленні виявлених прорахунків) питань облаштування РМ.

Мета статті. Стаття присвячена формуванню рекомендацій, які засновані на підходах інженерної психології та спрямовані на підвищення ефективності діяльності оперативного складу ПУ ЗС України за АРМ, розгорнутих на автомобільній базі МШ з ПШ.

Виклад основного матеріалу досліджень. Як зазначено вище, при проведенні випробувань МШ з ПШ комісією встановлено, що глибина поверхні робочих столів оперативного складу недостатня для одночасного розміщення на них ноутбуків та інших необхідних для роботи речей, зокрема керівних документів, робочих зошитів тощо (Рис.1).

До того ж наявна вільна зона між ноутбуком та переднім краєм поверхні стола створює загальні некомфортні умови людині не лише для роботи, а й для перебування за цим РМ. Зокрема, частина руки від ліктя до долоні включно змушена перебувати або паралельно краю стола (що не зовсім природньо), або частково перебувати на столі, а частково (в основному) звисати – це зрештою призведе до появи болю в руці в області, яка тривалий час перебуває на межі краю стола. З одного боку така відстань відповідає положенням [4, пп. 6.1.2, d)], де сказано “мінімальний простір перед клавіатурою глибиною 150 мм”, з іншого – суперечить деяким положенням цього ж стандарту (пп. 6.2.3): “Пульт керування має вміщувати зони виконання завдань зі здійснення адміністративних функцій, роботи з документацією, зв'язку, навчання на робочому місці та/або спостереження” та іншого нормативно-технічного документу, де вказано, що РМ повинно забезпечувати і можливість ведення оператором записів, і розміщення документації й матеріалів [7, п. 5.1].

Вирішення зазначеної проблеми екстенсивним методом – за рахунок збільшення площі стола РМ – для СМ МШ з ПШ є нераціональним, оскільки ускладнить можливість вільного переміщення особового складу всередині модуля. Зазначена проблема вже має місце, що підтверджується записом про відповідний недолік у [10, п. 6.2]. Також не розглядається варіант пошуку вільного місця на столі праворуч або ліворуч від ноутбука, оскільки згідно з [15] це ускладнить роботу оператора при регулярному (періодичному)

переведенні погляду між документом та екраном. За такого підходу оператор був би змушений змінювати погляд по діагоналі, що спричиняло б затримки у роботі: для швидшого сприйняття інформації з декількох джерел оптимальними є рухи голови та очей у вертикальній (рекомендовано зверху донизу) та горизонтальній (зліва направо) площинах.

Іншим шляхом вирішення проблеми нестачі вільного простору РМ є зміна місць та/або принципів розміщення технічних пристроїв, що використовують (передусім ноутбуків), з урахуванням вимог нормативно-технічних документів і поглядів фахівців в області інженерної психології та ергономіки. Для цього необхідно враховувати як характер завдань, що виконуються, так і антропометричні дані людей (операторів).

У цілому характер завдань може бути абсолютно різний: від довготривалого набирання текстових і табличних документів та регулярного (а іноді дуже активного) й ретельного пошуку відомостей в інформаційному середовищі до періодичного обміну даними з іншими суб'єктами. Такі чинники обумовлюють як робочу позу оператора, так і повинні впливати на підходи до розміщення обладнання РМ. Наприклад, якщо на технічному засобі переважно розробляються документи, більше звертається увага на пристосованість РМ до довготривалого і зручного використання клавіатури руками оператора.

Застосувавши інший підхід до класифікації характеру обов'язків оперативного складу, можна відмітити, що одні види діяльності (наприклад, відстежування інформації про зміни оперативної обстановки та прийняття документів (сигналів) з управління військами) є більш чутливими до невчасного реагування або взагалі його відсутності. Натомість відпрацювання плану операції чи розпорядчих документів не потребує миттєвого реагування на інформацію, що може з'явитися на екрані.

Тому при використанні ноутбуків для завдань, які потребують оперативного виконання тих чи інших дій, людина-повинна мати таке РМ, характеристики якого мінімізують ймовірність несвоєчасності або відсутності її реагування на критичну ситуацію. Зокрема, якщо відповідні команди/індикатори відображаються на екрані ноутбука, його (екран) розміщують таким чином, щоб оператор мав якнайкращі можливості їх виявити. Проте, заздалегідь достеменно не може бути відомо, у якій саме частині екрану тієї чи іншої програми здійснюватиметься індикація. Тому розгляд авторами статті варіантів розташування засобу відображення орієнтувався на можливість оператора змінити параметри АРМ, що дозволить помічати та розрізняти інформацію з найвіддаленіших точок екрану.

Антропометрія та її врахування при організації РМ.

Антропометричні показники людини можуть впливати на розміри та конструкцію меблів РМ, розміри, висоту та відстань встановлення засобів введення та виводу даних, відстані між РМ та іншими елементами інтер'єру.

Звісно, що одноразово врахувати ці та інші дані для розроблення та облаштування РМ, яке ідеально підходило б будь-якому оператору, неможливо – через відмінність габаритних та конструктивних особливостей технічних засобів та антропометричних показників людей. До того ж, якщо раніше оперативний склад ПУ ЗС України у переважній більшості був представлений чоловіками, то реалізація гендерної політики в українському оборонному відомстві розширює діапазон значень антропометричних даних особового складу ПУ.

Враховуючи наявність відмінностей в антропометрії, при розробленні проектів та конструюванні РМ (АРМ) одні стандарти пропонують орієнтуватися на користувачів від показників жінок 5-го перцентиля до показників чоловіків 95-го перцентиля. Інші, зокрема [2] зазначають, що проект АРМ має бути гнучким та враховувати антропометричні відхилення.

Авторами статті пропонується покладатися на статистичні дані як чоловіків, так і жінок. Це обумовлено тим, що відсоток жінок у ЗС України становить 15,6 % [19], тобто, якщо у СМ МШ з ПШ передбачено 8 РМ, то одне з них займатиме військовослужбовиця-жінка, а на три СМ припаде 4 таких РМ. Так, використовуючи відомості, опубліковані на офіційному сайті Державної служби статистики України [20] за 10 серпня 2021 р., можливо

встановити, що середній зріст чоловічого населення від 20 до 59 років (відповідає орієнтованому діапазону службових осіб, що можуть входити до оперативного складу ПУ) становить 1 760 мм, а жінок – 1 650 мм. Це корелюється з середньостатистичними даними антропометрії людей у світі, відтак ці показники цілком можливо прийняти як такі, до яких застосовуються міжнародні та національні стандарти.

На початку обумовимо (прийmemo), що розміщення ноутбука, коли нижня частина його корпусу (та, яка містить клавіатуру) лежить на столі, у статті називається звичайним положенням ноутбука. Тоді його глибина (D) розраховується за формулою:

$$D = L + L \cdot \sin(\beta) + T \cdot \cos(\beta), \quad (1)$$

де L – глибина корпусу ноутбука (див. Рис.2);

β – кут між площиною екрану ноутбука та нормаллю;

T – товщина кришки матриці.

Примітка. Якщо у ноутбуці з'єднувальні механізми забезпечують відкриття кришки матриці під кутом 0° до нормалі таким чином, що вона не виходить за межі проєкції нижньої частини корпусу на горизонтальну поверхню, значення добутку ($T \cdot \cos(\beta)$) не враховується.

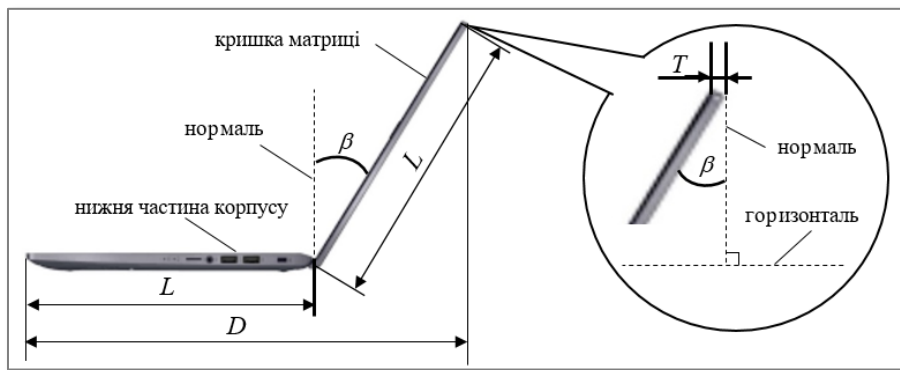


Рис.2. Схематичне зображення складових ноутбука з позначеннями кутів та лінійних величин

Як засвідчив результат спостереження авторів статті, проведений серед колег-науковців, більшість з них використовують ноутбук у звичайному положенні при такому розкритті кришки матриці, коли кут між нею та нормаллю становить від 20° до 30° .

Якщо взяти за приклад ноутбук, у якого $L = 245$ мм, а $T = 5$ мм, то для граничних значень кутів відкривання кришки матриці цього діапазону ($20^\circ \div 30^\circ$) розрахована глибина D дорівнюватиме 330 мм та 370 мм відповідно. Для РМ, що має достатню глибину, ця різниця у 40 мм може бути не суттєвою і навіть непомітною. Але у МШ з ПШ, як зазначено вище, це питання дуже чутливе. Тому зменшення кута β дозволить вивільнити місце стола оператора. Залежність глибини (D) від кута нахилу кришки у діапазоні $0^\circ \div 30^\circ$, з дискретністю 2° зазначена у таблиці 1.

Таблиця 1

Значення глибини ноутбука при різних величинах кута нахилу кришки матриці

Відстань	Значення кута нахилу кришки (β), град															
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Глибина ноутбука з урахуванням товщини кришки (D), мм	245	254	262	271	280	288	297	305	314	322	331	339	347	355	362	370

Проте, якщо оператор у положенні сидячи на стільці працює за ноутбуком, розміщеним у звичайному положенні на столі, то при значенні $\beta = 0^\circ$ (площини нижньої частини і кришки матриці ноутбука перпендикулярні), виникає інша проблема. Так, через збільшення кута лінії погляду та кута зору стає незручно сприймати інформацію з нижньої

частини екрану. Тобто, при зменшенні кута відкриття кришки матриці одночасно збільшуються кут лінії погляду та кут зору, які згідно з [21] не повинні перевищувати 40° та 60° відповідно.

Розглянемо дотримання цих показників у МШ з ПШ на прикладі роботи оператора у трьох позах: нахилення вперед, вертикальне положення (або пряма), відхилення назад [4]. При цьому, для конкретизації прикладу, приймається, що розміри ноутбуку відповідають вищевказаним та ураховується, що нижня частина безпосередньо дисплею на 30 мм вище краю кришки матриці і нижча за її верхній край на 20 мм. У розрахунок також включимо надані [4] стосовно місцеположення очей, а також характеристики робочої поверхні столу СМ МШ з ПШ: її глибина становить 500 мм, а висота над підлогою – 810 мм. З урахуванням вищезазначеного, взаємне розташування положення очей людини 95-го перцентилля (для трьох обраних варіантів поз), екрану ноутбука та інших предметів виглядає як на рисунку 3.

Примітка. Оскільки $\alpha_{\text{лп}} = \alpha_3$ (як внутрішньо різносторонні, утворені перетином лінії погляду та двох паралельних горизонтальних ліній: лінією очей та лінією нижнього краю матриці екрану), для них застосовано єдине позначення (α) з індексом, що відповідає позі оператора.

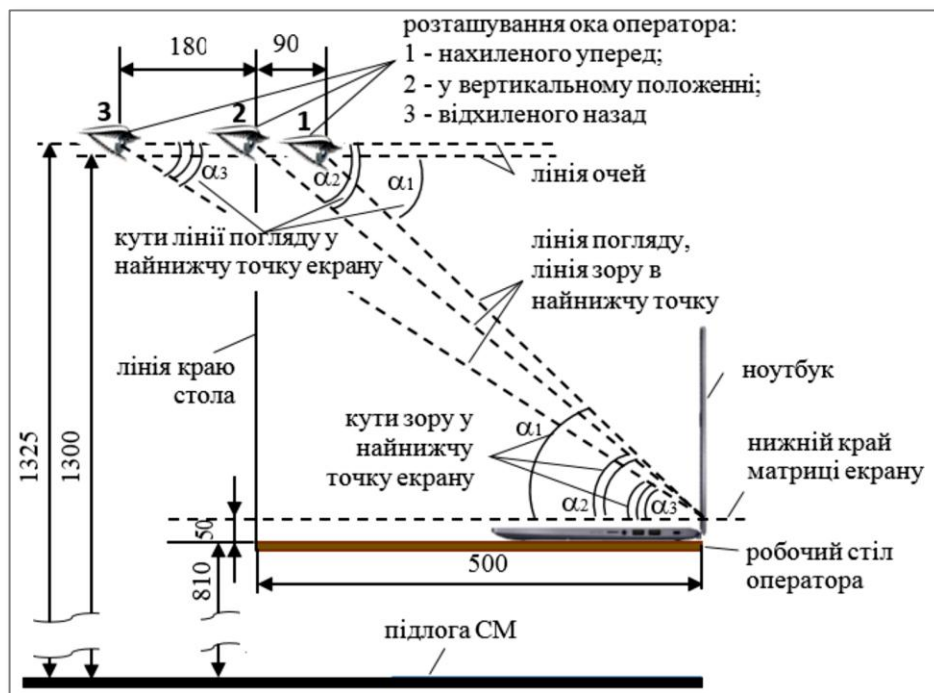


Рис.3. Схематичне зображення розташування органів зору оператора 95-го перцентилля відносно ноутбука та елементів інтер'єра СМ МШ з ПШ

Знаючи розміри поверхні стола, висоту лінії очей (окремо для кожної з трьох поз представників 95-го перцентилля), відхилення очей від вертикальної лінії переднього краю робочого стола, висоту нижнього краю матриці екрану відносно поверхні стола, можливо для кожного з положень очей (1, 2, 3) розрахувати кути погляду та кути зору на найнижчу точку екрану матриці: відповідно $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Це здійснюється за формулою:

$$\alpha = \arctan \frac{h}{l}, \quad (2)$$

де h – висота лінії ока над нижнім краєм матриці екрану, мм;

l – довжина проєкції лінії погляду на горизонтальну площину, мм.

Отже, для пози нахилення вперед висота h_1 є різницею висоти лінії ока (1300 мм) та суми висоти робочої поверхні столу над підлогою (810 мм) і відстані від поверхні стола до нижнього краю матриці екрану (30 мм):

$$h_1 = 1300 - (810 + 30) = 460 \text{ мм.}$$

Довжина проєкції лінії погляду на горизонтальну площину l_1 для пози нахилення вперед (1) обчислюється як різниця глибини стола (500 мм) та суми вертикального відхилення точки ока від вертикальної лінії краю стола і товщини кришки матриці (90+5) мм:

$$l_1 = 500 - (90 + 5) = 405 \text{ мм.}$$

Застосувавши формулу (2), розраховуємо значення кута лінії погляду та рівного йому (для даного положення ноутбука):

$$\alpha_1 = \arctan \frac{h_1}{l_1} = \arctan \frac{460}{405} = 49^\circ.$$

Для вертикальної пози висота h_2 розраховується аналогічно, але з урахуванням висоти лінії ока 1325 мм. Відтак, h_2 дорівнює 485 мм, довжина проєкції l_2 дорівнює різниці глибини стола і товщини кришки матриці (500₋₅) мм, а величина кута лінії погляду та кута зору розраховується таким чином:

$$\alpha_2 = \arctan \frac{h_2}{l_2} = \arctan \frac{485}{495} = 44^\circ.$$

Для пози відхилення назад (3) висота h_3 дорівнює (485 мм), довжина проєкції l_3 визначається: є сума відхилення точки ока від вертикальної лінії краю стола (180 мм) і глибини стола (500 мм), мінус товщина кришки матриці (5 мм), тобто рівна 675 мм. Отже, величина кута лінії погляду та кута зору розраховується таким чином:

$$\alpha_3 = \arctan \frac{h_3}{l_3} = \arctan \frac{485}{675} = 36^\circ.$$

Подібним чином розраховано ці ж кути для трьох поз представників 5-го перцентиля, врахувавши, що висота очей у позі нахилення вперед становить 1200 мм, а у позах вертикально та відхилення назад – 1210 мм). У результаті отримано: $\alpha_1 \approx 37^\circ$, $\alpha_2 = 35^\circ$, $\alpha_3 \approx 28^\circ$.

Отримані значення кутів необхідно перевірити на відповідність вимогам стандартів, зокрема [3] – див. таблицю 2.

Таблиця 2

Таблиця перевірки відповідності вимогам стандартів
отриманих результатів кута лінії погляду та кута зору на нижню точку екрану

Значення кутів лінії погляду та зору	Представники 5-го перцентиля			Представники 95-го перцентиля		
	Нахилення вперед, α_1	Вертикальна поза, α_2	Відхилення назад, α_3	Нахилення вперед, α_1	Вертикальна поза, α_2	Відхилення назад, α_3
	$\approx 39^\circ$	$\approx 37^\circ$	$\approx 30^\circ$	$\approx 49^\circ$	$\approx 44^\circ$	$\approx 36^\circ$
Критерій						
Відповідність вимогам до кута лінії погляду ($\leq 60^\circ$)	відповідає	відповідає	відповідає	відповідає	відповідає	відповідає
Відповідність вимогам до кута зору ($\leq 40^\circ$)	відповідає	відповідає	відповідає	не відповідає вимогам до кута зору	не відповідає вимогам до кута зору	відповідає

Результати засвідчують, що вимоги до кута зору при перебуванні операторів 95-го перцентилія у позах нахилення вперед та вертикально не дотримуються, а для 5-го перцентилія у позі нахилення вперед – знаходиться майже на межі допустимого.

З метою отримання більш об'єктивних даних дослідження аналогічним чином було розраховано кут лінії погляду на центр екрану для трьох поз 5-го і 95-го перцентилів та порівняно отримані значення з рекомендованими показниками у [4, таблиця 2]. Результати засвідчили, що тільки для однієї пози 5-го перцентилія отриманий показник кута відповідає вимогам – див. таблицю 3.

Таблиця 3

Таблиця перевірки дотримання вимог стандартів отриманих результатів кута лінії погляду на центр екрану

Категорія операторів	Представники 5-го перцентилія			Представники 95-го перцентилія		
	Нахилення вперед, α_1	Вертикальна поза, α_2	Відхилення назад, α_3	Нахилення вперед, α_1	Вертикальна поза, α_2	Відхилення назад, α_3
Поза оператора						
Розраховані значення, гра	$\approx 31^\circ$	$\approx 29^\circ$	$\approx 23^\circ$	$\approx 42^\circ$	$\approx 38^\circ$	$\approx 30^\circ$
Критерій згідно з [4, таблиця 2]	$15^\circ \div 25^\circ$	$25^\circ \div 35^\circ$	$10^\circ \div 20^\circ$	$15^\circ \div 25^\circ$	$25^\circ \div 35^\circ$	$10^\circ \div 20^\circ$
Відповідність вимогам до кута лінії погляду	не відповідає	відповідає	не відповідає	не відповідає	не відповідає	не відповідає

Як альтернативу до цього способу перевірки було застосовано адаптований графічний підхід [4], що передбачає визначення простору розпізнавання та його порівняння з точкою перебування очей оператора. Для цього використовуються висота матриці екрану, відстань акомодатії.

Проте, авторами статті, з урахуванням публікацій щодо відповідності вікових значень і гостроти зору, зокрема [22] та [23], встановлено, що показник акомодатії, запропонований цим стандартом (500 мм), притаманний людям у віці близько 50 років. Оскільки цей вік належить до більш завершального періоду перебування на військовій службі, авторами статті було додатково враховано показник акомодатії для 45 років – 330 мм [22].

Результати накладання шаблону на схему засвідчують, що за такого розкриття кришки матриці ноутбука ($\beta = 0^\circ$) для операторів вікової групи 50 років від 5-го до 95-го перцентилія положення очей не в змозі забезпечити розбірливе сприйняття інформації на екрані (Рис.4). Для вікової групи від 45 до 50 років розбірливість у нахиленій вперед позі перебуває на межі граничних значень ($1_{(5)}$, $1_{(95)}$).

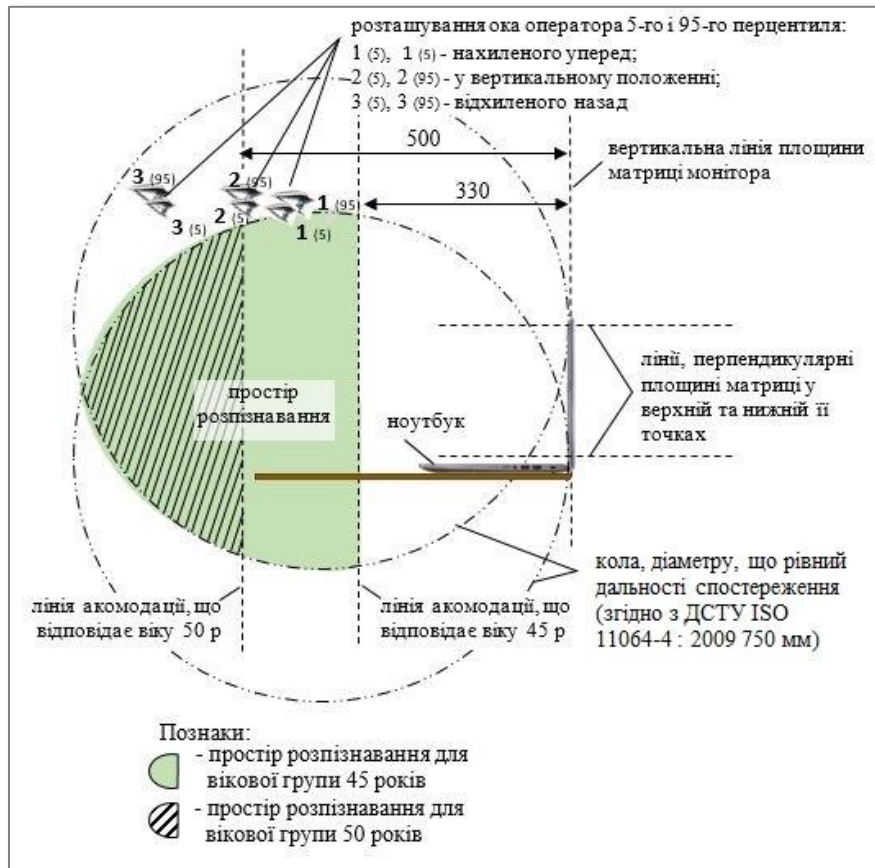


Рис.4. Схематичне зображення взаємного просторового розташування простору розпізнавання та очей оператора при спостереженні за ноутбуком, який перебуває у нормальному положенні з кутом відхилення кришки матриці $\beta = 0^\circ$

Таким чином спосіб розміщення ноутбука, як проілюстровано на рисунку 4, не забезпечить належне зчитування та розпізнавання інформації з екрану і може бути прийнятним до врахування.

Відтак, виникає потреба розмістити ноутбук на АРМ іншим чином, що задовольнило б зручне його використання і забезпечило наявність достатньо місця для розташування робочих документів, іншого приладдя, необхідного оперативному складу ПУ. Візуальний аналіз рисунку 4 дозволяє передбачити, що простір розпізнавання повинен розміщуватися вище та бути дещо нахиленим за годинниковою стрілкою.

Проблему можливо вирішити графічно згідно з рекомендаціями, зазначеними у [4, додаток А, пп. А.4.1] шляхом спроб переміщення та нахилу макету робочого простору синхронно з матрицею екрану, знайшовши таким чином найоптимальніший варіант. При цьому він має задовольняти декілька додаткових вимог. По-перше, необхідно орієнтуватися на призначення дослідження – збільшення робочого простору між переднім краєм робочого столу та ноутбуком. По-друге, знайдене рішення повинно одночасно задовольнити і обмеження до значення кута лінії погляду ($\leq 60^\circ$) і кута зору ($\leq 40^\circ$) [3, п.п. 5.2, 5.3].

Авторами статті першочергово було застосовано розрахунковий метод, а графічний – для перевірки отриманих результатів. Враховуючи першу вимогу, було розглянуто спосіб вирішення проблеми шляхом підняття задньої частини корпусу ноутбука над поверхнею стола, залишаючи при цьому кришку у вертикальному положенні (підняття корпусу забезпечується застосуванням спеціальних підставок). Варто зазначити, що підняття екрану (пульта) не суперечить поглядам [4, пп. 6.2.1], [15, С. 252], [18, С.47], [24 С. 51]. Такий підхід дозволить одночасно наблизити кут лінії погляду та кут зору до більш прийнятних

показників, покращити розбірливість інформації на екрані та зайняти допустиму площу вільної зони між краєм стола та ноутбуком.

Отже, поступово піднімаючи задню частину корпусу ноутбука та застосовуючи формулу (2), можливо отримати оптимальніші значення кутів зору (кутів лінії погляду), а також досягти зменшення глибини ноутбука (D) і збільшення відстані від його переднього краю до краю стола (тобто вільної робочої зони). У ході експерименту висоту екрана ноутбука було піднято на 200 мм, за рахунок чого глибину ноутбука (D) було зменшено з 245 мм до ≈ 142 мм. Результати зазначені у таблиці 4 та графічно відображенні на рисунках 5 і 6.


Таблиця 4


Результати впливу підняття задньої частини корпусу ноутбука на зміну кутів зору та розміри вільного місця

Висота підняття екрану ноутбука, мм	Кут зору, град						Відстань, мм	
	для 5-го перцентиля			для 95-го перцентиля			глибина ноутбука	глибина вільного місця
	нахилення вперед	прямо (вертикально)	відхилення назад	нахилення вперед	прямо (вертикально)	відхилення назад		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 (без підняття)	39,0	36,8	29,8	48,6	44,4	35,7	245	255
10	38,2	36,0	29,2	48,0	43,8	35,1	245	255
20	37,4	35,3	28,5	47,4	43,2	34,6	244	256
30	36,6	34,5	27,8	46,7	42,6	34,0	243	257
40	35,7	33,7	27,1	46,0	42,0	33,4	242	258
50	34,9	32,9	26,4	45,4	41,3	32,8	240	260
60	34,0	32,1	25,7	44,6	40,6	32,2	238	262
70	33,1	31,2	24,9	43,9	40,0	31,6	235	265
80	32,2	30,4	24,2	43,2	39,3	31,0	232	268
90	31,2	29,5	23,5	42,4	38,6	30,3	228	272
100	30,3	28,6	22,7	41,6	37,9	29,7	224	276
110	29,3	27,7	22,0	40,8	37,1	29,1	219	281
120	28,3	26,8	21,2	40,0	36,4	28,4	214	286
130	27,3	25,9	20,4	39,2	35,6	27,7	208	292
140	26,3	25,0	19,6	38,3	34,9	27,1	201	299
150	25,3	24,0	18,8	37,4	34,1	26,4	194	306
160	24,2	23,0	18,0	36,5	33,3	25,7	186	314
170	23,1	22,0	17,2	35,6	32,5	25,0	176	324
180	22,0	21,0	16,4	34,7	31,6	24,3	166	334
190	20,9	20,0	15,6	33,7	30,8	23,6	155	345
200	19,8	19,0	14,8	32,7	29,9	22,9	142	358

Примітки:

 - кут зору, що не відповідає вимогам [4] ($\leq 40^\circ$);

 - положення ноутбука, за якого верхній край матриці екрану вище лінії очей представників 5-го перцентиля у відповідних позах;

 - зона значень, де величина кута лінії погляду перебуває у рекомендованому діапазоні [4, таблиця 2];

 - найоптимальніший варіант.

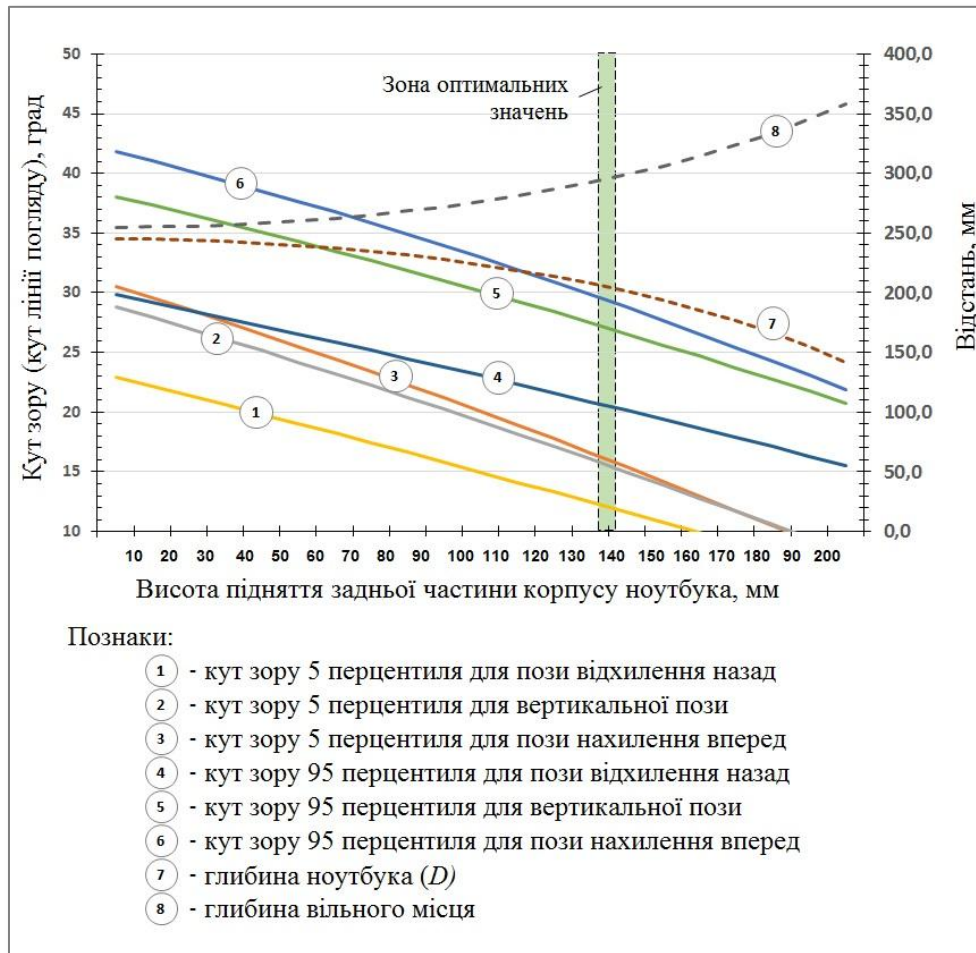


Рис.5. Графічне зображення зміни кута зору, глибини ноутбука та глибини вільного місця внаслідок зміни кута нахилу корпусу ноутбука

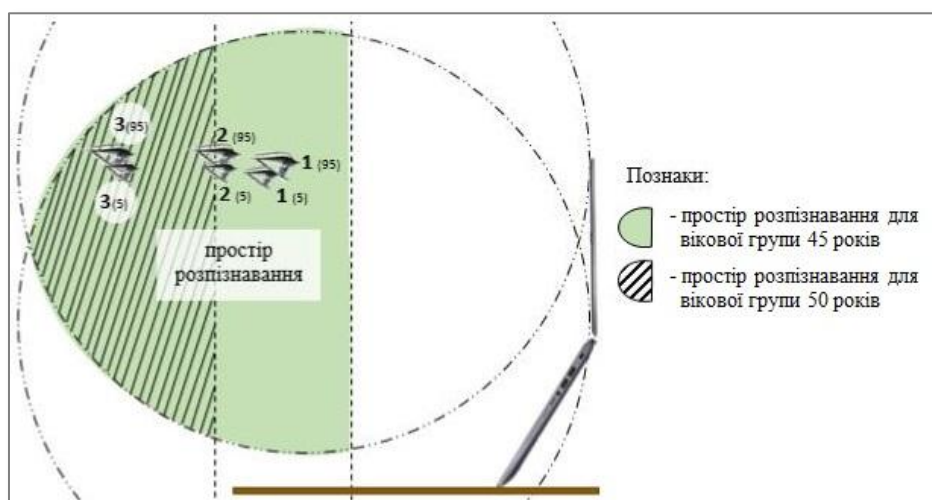


Рис.6. Схематичне зображення покриття простору розпізнавання зони очей операторів 5-го та 95-го перцентилів при піднятті задньої частини корпусу ноутбука

Із таблиці 4 можна встановити, що глибину вільного місця вдалося збільшити до 359 мм, що дозволяє розмістити документи більшості стандартних форматів, які використовують у штабній діяльності. Крім того встановлено, що починаючи з підняття ноутбука на 120 мм було досягнуто відповідності значення кута зору вимогам стандартів

($\leq 40^\circ$). Проте перевірка на відповідність інших вимог засвідчила, що лише при піднятті задньої частини корпусу до 140 мм всі необхідні вимоги дотримані.

До того ж максимальна досягнута висота верхнього краю матриці екрану перебуває на межі допустимого рівня очей людини 5-го перцентилію (див. примітки до таблиці 4), що не рекомендується більшістю опрацьованих джерел. Крім того, вертикальне положення екрану ноутбука, а також перебування клавіатури під порівняно великим кутом до поверхні стола не завжди є звичним та зручним для використання.

Тому, було розглянуто можливість дещо змінити положення технічного засобу – для цього здійснено нахилення корпусу ноутбука шляхом наближення переднього краю ноутбука до оператора (для експерименту крок наближення (k) обрано рівним 5 мм).

Граничними умовами нахилення ноутбука є:

– глибина вільного місця між переднім краєм стола та ноутбуком має бути не менше 300 мм (приблизно дорівнює довжині аркушу формату А4, що для штабної роботи є прийнятним). Таким чином відстань переміщення корпусу ноутбука до оператора не перевищить 58 мм ($358 - 300$, де 358 мм – досягнута глибина вільного місця за рахунок підняття задньої частини корпусу ноутбука на 200 мм – див таблицю 4);

– величина кута лінії погляду не повинна перевищувати 60° [3, п. 5.2];

– величина кута зору не повинна перевищувати 40° [3, п. 5.3].

На відміну від попередніх експериментів, при нахиленні ноутбука матриця екрану не перебуватиме у вертикальній площині, а відтак, кут лінії погляду (α_{III}) поступово збільшуватиметься і вже не дорівнюватиме куту зору (α_3), який навпаки зменшуватиметься. При цьому залишатимуться фіксованими кут відкриття кришки матриці, а відтак і відстань (S) між переднім краєм ноутбука та верхнім краєм кришки матриці. Значення $S = 467$ мм, що розраховано за теоремою Піфагора:

$$S = \sqrt{h_{ВТКМ}^2 + D^2},$$

де $h_{ВТКМ}$ – висота верхньої точки кришки матриці відносно поверхні стола, мм.;

$h_{ВТКМ} = 445$ мм, як сума висоти підняття задньої частини корпусу ноутбука (згідно з експериментом становить 200 мм) і висоти кришки матриці, яка дорівнює глибині корпусу ноутбука L (245 мм);

D – глибина ноутбука, мм. Для положення ноутбука згідно з рисунком 6 глибина $D = 142$ мм (див. таблицю 4, стовпчик 8, останній рядок).

Обчисливши арксинус, отримано кут між S та кришкою матриці $\gamma_B = 17,7^\circ$.

При поступовому нахиленні ноутбука (на рисунку 6 відповідає напрямку за годинниковою стрілкою) кут його нахилу (γ_H) обчислюється за допомогою формули:

$$\gamma_H = \arcsin\left(\frac{D_H}{S}\right),$$

де D_H – глибина ноутбука після нахилення, мм. $D_H = D + k$.

Кут лінії погляду (α_{III}) на нижню точку екрану розраховується за наступною формулою:

$$\alpha_{III} = \arctan \frac{Y_{III} - ((h_{CT} + \sqrt{S^2 - D_H^2}) - h_T \cdot \cos(\gamma_H - \gamma_B))}{X_{III} - h_T \cdot \sin(\gamma_H - \gamma_B)}, \quad (3)$$

де Y_{III} , X_{III} – координати точок положення зіниці очей операторів 5-го та 95-го перцентилів у відповідній позі, отримані з урахуванням [4, таблиця 2], та глибини стола РМ СМ (500 мм) – згідно таблиці 5;

h_{CT} – висота поверхні стола РМ СМ, мм. $h_{CT} = 810$ мм;

h_T – відстань від нижнього краю кришки екрану до нижньої точки матриці екрану, мм.

$h_T = 30$ мм (див. вище).

Значення координат точок положення зіниці очей операторів

Категорія операторів		Представники 5-го перцентиля			Представники 95-го перцентиля		
Поза		Нахилення вперед	Вертикальне положення (пряма)	Відхилення назад	Нахилення вперед	Вертикальне положення (пряма)	Відхилення назад
Координати, мм	X	445	495	645	405	495	675
	Y	1200	1210	1210	1300	1325	1325

Обчислення кута зору (α_3) на нижню точку матриці екрану здійснюється з урахуванням отриманого значення γ_H за такою формулою:

$$\alpha_3 = \alpha_{\text{лп}} - (\gamma_H - \gamma_B). \quad (4)$$

Розрахунок значення кута лінії погляду та кута зору на центральну точку матриці екрану здійснюється за формулами (3) та (4) відповідно, при цьому $h_T = 128$ мм (згідно з конструктивними особливостями ноутбука, обраного за приклад – див. вище).

Провівши з використанням формул (3) та (4) обчислення для різних кутів нахилу ноутбука, які автоматично наближали його до оператора на відстань (5÷58) мм (див. вище граничні умови), отримано набір значень кута лінії погляду, кута зору та зміни висоти верхнього краю кришки ноутбука (таблиця 6). Крім того, враховуючи, що [4] рекомендує дотримуватися такого ракурсу спостереження за дисплеєм, за якого лінії від крайньої нижньої та верхньої точок екрану при перетині на межі зіниці ока оператора (конус фіксації) утворюють кут не більше 35° , було проведено додаткове обчислення і цього показника, результати включені до таблиці 6.

Таблиця 6

Результати впливу нахилення ноутбука на зміну висоти ноутбука, кутів лінії погляду, зору та конуса фіксації

Поза	Досліджуваний параметр	Відстань наближення ноутбука до оператора, мм												
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	58
Зміни висоти ноутбука відносно поверхні стола														
Висота верхнього краю матриці ноутбука, мм		445	443	442	440	438	436	434	432	430	428	426	424	422
Зміни кутів лінії погляду, зору та конуса фіксації для різних поз 5-го та 95-го перцентилів														
5-й перцентиль														
Нахилення вперед	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	20	20	20	21	21	21	22	22	22	23	23	23
		Кут зору, град	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8
		Кут зору, град	5	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	1
		Кут конусу фіксації, град	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30
Вертикальне положення (пряма)	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	22	22
		Кут зору, град	19	19	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9
		Кут зору, град	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1
		Кут конусу фіксації, град	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27
Відхилення назад	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	15	15	15	15	16	16	16	16	16	17	17	17
		Кут зору, град	15	14	14	13	13	12	12	12	11	11	10	10
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7
		Кут зору, град	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0	0	1
		Кут конусу фіксації, град	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21
95-й перцентиль														
Нахилення вперед	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	33	33	33	34	34	34	35	35	35	36	36	37
		Кут зору, град	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	19	20	20	20	20	21	21	21	22	22	22	23
		Кут зору, град	19	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15
		Кут конусу фіксації, град	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	

Поза	Досліджуваний параметр		Відстань наближення ноутбука до оператора, мм												
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	58
Вертикальне положення (пряма)	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	30	30	30	31	31	31	32	32	32	32	33	33	33
		Кут зору, град	30	30	29	29	28	28	28	27	27	27	26	26	26
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	19	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	22
		Кут зору, град	19	18	18	17	17	17	16	16	15	15	15	14	14
		Кут конусу фіксації, град	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Відхилення назад	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	23	23	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	25
		Кут зору, град	23	22	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	17
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	14	14	14	14	15	15	15	15	15	16	16	16	16
		Кут зору, град	14	13	13	12	12	12	11	11	10	10	9	9	8
		Кут конусу фіксації, град	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19	19

Примітка. - кут лінії погляду, що відповідає вимогам [4, таблиця 2].

Як видно, у ході переміщення вдалося покращити розбірливість інформації на екрані за рахунок зменшення кута зору і досягти повної відповідності цього кута стандарту [4], зберігши допустимі параметри кута лінії погляду. Крім того було перевірено і підтверджено відповідність вимогам кута конусу фіксації ($\leq 35^\circ$). Зменшено висоту ноутбука, що покращило зручність зчитування інформації з верхньої частини екрану представниками 5-го перцентилія.

Проте не вдалося знайти оптимальний варіант для дотримання вимог [4, таблиця 2] щодо кутів лінії погляду, який вказано окремо для кожної з поз оператора.

Застосування графічного підходу для такого нахилоного положення ноутбука (Рис.7) відображає, що повнота перекриття простором розпізнавання зони очей практично не змінилася у порівнянні з рисунком 6.

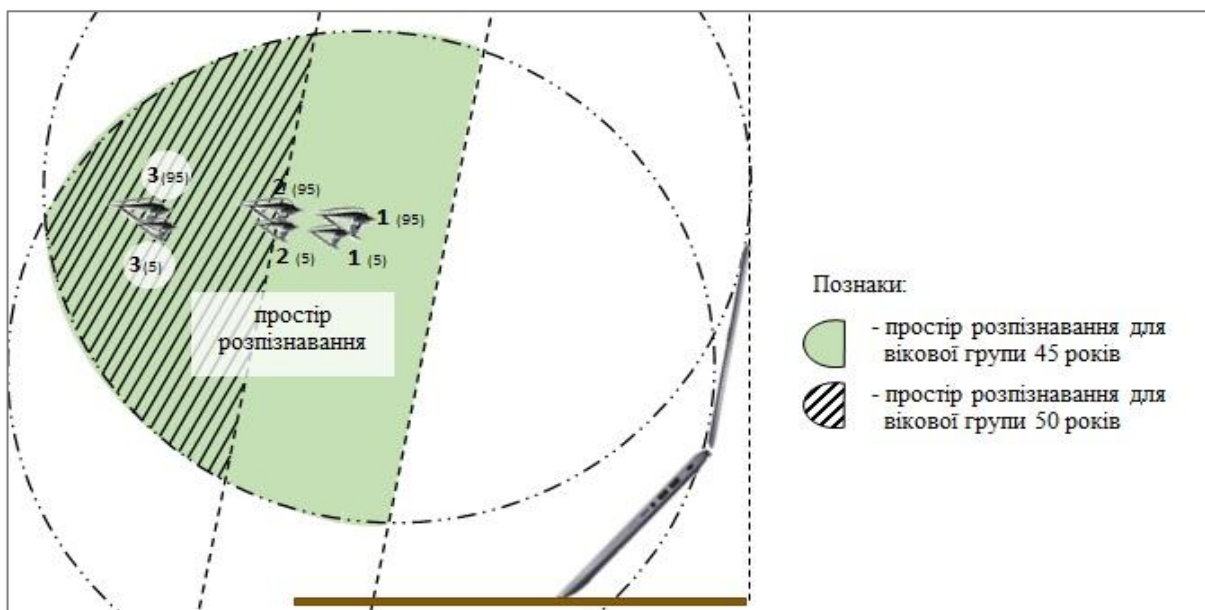


Рис.7. Схематичне зображення покриття простору розпізнавання зони очей операторів 5-го та 95-го перцентилів при наближенні корпусу ноутбука до оператора


Наступний крок дослідження був спрямований на розгляд варіантів можливої зміни габаритних розмірів стола РМ. Це обумовлено тим, що в ході дослідження авторами статті було з'ясовано, що висота робочої поверхні стола (810 мм) РМ СМ не відповідає вимогам нормативно-технічних документів. Зокрема, у [4] розглядається 760 мм, що суттєво нижче, ніж у МШ з ПШ і могло б покращити показники кута лінії погляду. В ході проведення аналогічних розрахунків для такої висоти робочої поверхні отримано наступні результати.

Результати розрахунків
кутів лінії погляду, зору та конуса фіксації для РМ з висотою робочої поверхні 760 мм

Поза	Досліджуваний параметр		Відстань наближення ноутбука до оператора, мм												
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	58
Зміни кутів лінії погляду, зору та конуса фіксації для різних поз 5-го та 95-го перцентилів															
5-й перцентиль															
Нахиленн я вперед	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	25	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29
		Кут зору, град	25	25	25	24	24	24	23	23	23	22	22	22	21
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	12	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	15	15
		Кут зору, град	12	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	7
		Кут конусу фіксації, град	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28
Верти- кальне положенн я (пряма)	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27
		Кут зору, град	24	24	23	23	22	22	22	21	21	21	20	20	20
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15
		Кут зору, град	12	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	7	7
		Кут конусу фіксації, град	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26	
Відхилен ня назад	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	19	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	21
		Кут зору, град	19	18	18	17	17	17	16	16	15	15	14	14	14
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11
		Кут зору, град	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3
		Кут конусу фіксації, град	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
95-й перцентиль															
Нахиленн я вперед	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	37	38	38	38	39	39	39	40	40	40	41	41	41
		Кут зору, град	37	37	37	36	36	36	35	35	35	34	34	34	34
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29
		Кут зору, град	25	25	25	24	24	24	23	23	22	22	22	21	21
		Кут конусу фіксації, град	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	
Верти- кальне положенн я (пряма)	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	34	34	35	35	35	35	36	36	36	37	37	37	37
		Кут зору, град	34	34	33	33	33	32	32	31	31	31	30	30	30
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	24	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	27
		Кут зору, град	24	23	23	22	22	22	21	21	20	20	20	19	19
		Кут конусу фіксації, град	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22	
Відхилен ня назад	Нижня точка екрану	Кут лінії погляду, град	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	29	29
		Кут зору, град	26	26	25	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21
	Середня точка екрану	Кут лінії погляду, град	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	20	20	20
		Кут зору, град	18	17	17	16	16	15	15	14	14	14	13	13	12
		Кут конусу фіксації, град	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18	18	

Примітки:

 - кут лінії погляду, що відповідає вимогам [4, таблиця 2];

 - кут лінії погляду, що наближений ($\pm 1^\circ$) до вимог [4, таблиця 2].

Як видно, доводячи висоту робочого стола до вимог стандартів, вдалося покращити якість візуального сприйняття оператором даних, що зображені на дисплеї. Незважаючи на те, що ідеальних результатів не досягнуто, можна обрати найбільш оптимальний, який перебуває наближено до вимог [4, таблиця 2], а саме положення, за якого ноутбук буде перебувати на відстані від оператора на 20 мм ближче, ніж при положенні, за якого кришка матриці перебуває у вертикальному положенні.

Таке положення ноутбука на перший погляд є незвичним, проте не є незручним і після періоду адаптації користувачі пристосовуються до нього. Як зазначено у [12, С. 61], людина має достатні здібності до адаптації при вирішенні сенсомоторних завдань.

Кути нахилу ноутбука можуть дещо коливатися, що обумовлено антропометричними властивостями конкретного оператора, характером його роботи, пози, характеристик та місць розміщення освітлювальних засобів тощо. Зокрема, при набиранні тексту ноутбук може бути наближений до оператора, що дозволить збільшити кут нахилу кришки матриці, але за умови достатнього вільного простору для розміщення документів, якими користується службова особа. При спостереженні за обстановкою та періодичним реагуванням на неї (через інтерфейс програми) можливо навпаки мати кришку матриці більш нахилену до оператора, а

йому зайняти вертикальну позу або відхилення назад. При здійсненні активного моніторингу інформаційного простору поза оператора може змінюватися від нахилення вперед (при заданні параметрів пошуку та фільтрування результатів) до вертикальної (під час перегляду відібраних результатів пошуку).

У ході дослідження впливу змін положення розташування ноутбука на якість сприйняття інформації та вивільнення місця було запропоновано два варіанти розміщення ноутбука за РМ:

перший – задня частина корпусу піднята на висоту 140 мм над поверхнею стола при вертикальному положенні кришки матриці, яка розташована впритул до стіни СМ. При цьому розмір вільного місця між корпусом ноутбука та краєм стола становить ≈ 300 мм, що достатньо для розташування більшості документів;

другий – наближення ноутбука до оператора при незмінному куті розкриття матриці екрану. Проте зазначений варіант задовольняє вимоги виключно для положення нахилення вперед та відхилення назад.

Третій розглянутий варіант (таблиця 7) можна застосувати на етапі розроблення документації і виготовлення СМ. Запропонована зміна висоти робочої поверхні стола оператора у бік зменшення до 760 мм одночасно відповідатиме стандартам і дозволить покращити візуальне сприйняття та розбірливість інформації на екрані. Особливо це відчутно для представників 5-го перцентилу, для яких висота робочої поверхні у 810 мм є занадто велика та незручна.

Головна мета запропонованих змін – забезпечити зручну і водночас надійну та оперативну діяльність службових осіб на ПУ за рахунок якнайшвидшого та безпомилкового сприйняття і зчитування інформації на засобах відображення, зменшення латентного періоду та пристосування до комфортного процесу вводу даних.

Хід дослідження був обмежений певними розмірами ноутбука, який необхідно було використати як приклад для проведення розрахунків на основі конкретних даних, тому для інших габаритних даних результати будуть відрізнятися.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Враховуючи зацікавленість органів військового управління в оновленні та розвитку рухомої бази ПУ, зокрема шляхом придбання зразків, які розробляються і виготовляються українськими виробниками, зростає ймовірність, що в найближчі роки Збройни Сили України поповняться новими МШ.

При їх замовленні та виготовленні доцільно орієнтуватися не лише на технічні показники, а й показники зручності. Врахування підходів, зазначених у статті, сприятиме:

- мінімізації ризиків необхідності доопрацювання вже готових МШ;
- своєчасному забезпеченню органів військового управління якісними зразками МШ;
- підвищенню ефективності діяльності оперативного складу ПУ ЗС України за АРМ, розгорнутих на автомобільній базі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 3899:2013. – [На заміну ДСТУ 3899–99 та ДСТУ 2429–94; чинний від 2014-01-01]. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 62 с. – (Національний стандарт України).

2. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози (ISO 9241-5:1998, IDT): ДСТУ ISO 9241-5:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 2006. – 26 с. – (Державний стандарт України).

3. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 3. Вимоги до відео терміналів (ISO 9241-3:1992, IDT): ДСТУ ISO 9241-3:2001. – [Зміна 1 (ISO 9241-3-1992/Amd. 1:2000, idt) ДСТУ ISO 9241-3/Зм. 1; чинний від 2002-07-01]. – Київ: Держстандарт України, 2002. – 46 с. – (Державний стандарт України).

4. Ергономічні проектування центрів керування. Частина 6. Вимоги до середовища центрів керування (ISO 11064-4:2004, IDT): ДСТУ ISO 11064-4:2009. – [Чинний від 2012-01-01]. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2016. – 25 с. – (Національний стандарт України).

5. Тактико-технічні вимоги до машини штабної (з кузовом перемінного об'єму), затверджені заступником Міністра оборони України 15.11.2018.

6. Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги: ДСТУ 8604 : 2015. – [Зі скасуванням в Україні ГОСТ 12.2.032–78; чинний від 2017-07-01]. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2017. – 7 с. – (Національний стандарт України).

7. Дизайн і ергономіка. Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робочого місця. Загальні вимоги ергономіки: ДСТУ 7299:2013. – [Зі скасуванням в Україні ГОСТ 22269-76; чинний від 2014-01-01]. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 4 с. – (Національний стандарт України).

8. Дизайн і ергономіка. Зал і кабіни операторів взаємне розміщення місць. Загальні вимоги ергономіки: ДСТУ 7252:2011. – [Зі скасуванням в Україні ГОСТ 21958–76; чинний від 2012-01-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2011. – 6 с. – (Державний стандарт України).

9. Ергономічні проектування центрів керування. Частина 6. Вимоги до середовища центрів керування (ISO 11064-6:2005, IDT): ДСТУ ISO 11064-6:2013. – [Чинний від 2014-07-01]. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 20 с. – (Національний стандарт України).

10. Перевірка відповідності вимогам з ергономіки і технічної естетики: протокол № 17 визначальних відомчих випробувань машини штабної з причепом штабним. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019.

11. Дизайн і ергономіка. Вимоги дизайну та ергономіки. Номенклатура та порядок вибору: ДСТУ 7251:2011. – [Зі скасуванням в Україні ГОСТ 20.39.108–85; чинний від 2012–01–01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2011. – 15 с. – (Державний стандарт України).

12. Сергеев С.Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред: учебное пособие. – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. – 258 с.

13. Семак О.О. Основи інженерної психології: навчально-методичний посібник. – Івано-Франківськ: Плай, 2006. – 106 с.

14. Крушельницька Я.В. Фізіологія і психологія праці: підручник. – К.: КНЕУ, 2003. – 367 с.

15. Основы инженерной психологии: учебное пособие; под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: “Высшая школа”, 1977. – 336 с.

16. Трофімов Ю.Л. Інженерна психологія: підручник. – К.: Либідь, 2002. – 264 с. – ISBN 966-06-0235-9.

17. Брусенцов В.Г. Основи ергономіки: навчальний посібник / В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов, І.І. Бугайченко, С.О. Кисельова. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 141 с.

18. Абракітов В.Е. Ергономіка робочих місць: конспект лекцій з дисципліни (для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 263 – Цивільна безпека) / В.Е. Абракітов, І.О. Ткаченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 78 с.

19. У нашому війську служить понад 31 тисяча жінок [Текст]. – Режим доступу: <https://armyinform.com.ua/2021/03/v-nashomu-vijsku-sluzhyt-ponad-31-tysyacha-zhinok/>.

20. Державна служба статистики України: [Веб-сайт] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

21. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 9. Вимоги до неклавіатурних пристроїв уведення (ISO 9241-9:2000, IDT): ДСТУ ISO 9241-9:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – Київ: Держспоживстандарт, 2005. – 49 с. – (Національний стандарт України).

22. Пресбіопія [Текст]. – Режим доступу: <https://scicenter.online/oftalmologiya-scicenter/iiresbiopiya-141570.html>.

23. Акомодація та її вікові особливості [Текст]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/26945/meditsina/akomodatsiya_vikovi_osoblivosti.

24. Шкляр С.П. Принципи формування ергономічного архітектурного середовища для дітей-інвалідів / С.П. Шкляр, І.Е. Линник // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник; відпов. ред. М.М. Дьомін. – К., КНУБА, 2017.

Скиба Олег Васильович

науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6252-6775>
+38050-411-61-80

Панасенко Сергій Вікторович

науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0754-8119>
+38073-199-48-22

Шульга Сергій Іванович

помічник начальника інституту – начальник служби охорони державної таємниці Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4253-214X>

Омельянчук Андрій Володимирович

начальник відділу Генерального штабу Збройних Сил України, Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-00032-1171-3415>
+38093-491-11-45

Oleh Skyba

Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6252-6775>
+38050-411-61-80

Serhii Panasenko

Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0754-8119>
+38073-199-48-22

Serhii Shulha

Assistant Chief, Chief of State Secrets Protection Service of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4253-214X>

Andrii Omelianchuk

Chief of Section of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-00032-1171-3415>
+38093-491-11-45

APPLICATION OF APPROACHES OF ENGINEERING PSYCHOLOGY AT IMPROVEMENT OF WAYS OF PLACEMENT OF THE EQUIPMENT OF THE WORKSTATION OF OPERATIONAL STRUCTURE OF CONTROL POINTS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE DEPLOYED ON A MOBILE BASE

O Skyba, S Panasenko S Shulha and A Omelianchuk

The article deals with issues of convenience of work of officials at the control points of the Armed Forces of Ukraine, which are deployed on military staff cars. The urgency of the subject of the article is that the Armed Forces of Ukraine receive staff cars. However, the staff cars do not have enough comfortable conditions for the work of servicemen in the workplace. The article discusses the problem of lack of free space in the workplace. This problem was discovered during a test of the staff car.

The authors of the article propose to solve this problem by changing the principles of location of laptops. Also, these approaches focus on compliance with standards related to ergonomics. In addition, the research takes into account the views of experts in engineering psychology. In particular, the results of the research focus as much as possible on compliance with the requirements for the magnitude of the line of sight, line-of-sight angle and angle of view, observation distance and height of the laptop screen.

The requirements of ISO 11064-4: 2009 were chosen as the basis. In conducting the research, the authors of the article took into account the difference in the anthropometric characteristics of the operators: for the fifth and ninety-fifth percentiles. In addition, the authors took into account three different proctors of the operators: forward tilt, straight line, backward deviation. The research was conducted using mathematical calculations and graphical images, in particular the pattern of space of identification.

The results of the research can be used in the design of staff machines. They can also be used in the organization of work in the staff machines, which are already manufactured and tested, controlled operation or accepted for delivery.

The application of the proposed approaches will help to increase the indicators of convenience, quality and efficiency of performance of their duties by the operational staff of control points deployed on a mobile base.

Keywords: *military staff cars, workplace, workstation, engineering psychology, means of displaying information, space of identification, line-of-sight, line-of-sight angle, angle of view.*