

ПРИЛАДИ

УДК 681.2:617.7

О.І. Дандур'янц, здобувач

Житомирський інженерно-технологічний інститут

ПРИЛАД ДЛЯ ОРІЄНТУВАННЯ СЛІПИХ

(Представлено д.т.н., проф. Б.Б. Самотокіним)

В статті виконується огляд існуючих приладів для орієнтування сліпих, вказуються їх недоліки та переваги, робиться нова пропозиція вирішення проблеми.

Просторова орієнтація інвалідів по зору за допомогою технічних засобів є високо актуальною проблемою, як і більшість інших проблем, які стоять на стику біології та техніки. Зараз кількість інвалідів по зору налічує 400 тисяч чоловік тільки у країнах СНД [1]. Велика кількість цих людей користується простою палицею. Цей спосіб орієнтації вже давно міг би бути замінений більш сучасним та ефективним, але на цьому шляху стоїть багато перешкод, що підтверджується відсутністю високих результатів в експериментах з приладами, які повинні виконувати функцію компенсації зору, звідки впливає необхідність нового підходу до вирішення цієї проблеми, але попередньо проведемо огляд розробок, які вже мали місце.

Дослідження показують, що здорова людина за допомогою зору сприймає близько 90 % інформації, на слух припадає близько 7 %, а тактильне відчуття займає близько 2 %, решта сприймається за допомогою смаку та запаху [2]. Дослідження показують, що при порушенні зору його заміщує в основному шкіряне відчуття [3]. За допомогою дотику сліпий отримує інформацію про предмет та явища навколишнього світу. Як стверджував І.М. Сеченов, "дотик є чуттям, яке паралельне зору, при цьому поверхня долоні, подібно сітківці ока, дає свідомості форму предметів, а двигуни руки, подібно двигунам очного яблука, дають величину і положення предметів. Рука, яка обмацує зовнішні предмети, дає сліпому усе, що дає нам око, за виключенням кольору та відчуття вдалечинь, за межу довжини руки" [4].

Якість шкіряного відчуття залежить від умов його використання у трудовій та пізнавальній діяльності, так наприклад, при температурі нижче +16 °С шкіряна чутливість починає зменшуватись. В процесі навчання та виховання створюються можливості для розвитку тактильної чутливості [3].

Відомі прилади для орієнтування сліпих можна класифікувати за способом індикації та за способом сканування навколишнього простору. За способом індикації прилади для орієнтування сліпих поділяються на такі:

- а) прилади зі звуковою індикацією;
- б) прилади, які безпосередньо передають інформацію у мозок;
- в) прилади з тактильною індикацією.

Більшість приладів має звукову індикацію, яка реалізується за допомогою навушного телефону. Це є великим недоліком, бо відомо, що головним чином сліпий орієнтується у великому просторі за допомогою бінаурального прослуховування. Тільки так він може точно визначити розташування предметів, які випромінюють або відлунюють звуки. За допомогою такого прослуховування сліпий має можливість визначити швидкість та напрямок руху засобів транспорту, людей і тварин та усвідомлювати навколишню ситуацію.

Наявність навушника (а тим паче двох) повністю або значною мірою порушують діяльність слуху як системи орієнтування. Дезорієнтація посилюється тим, що сліпий має прислуховуватись до звуку, що виникає у телефоні, замість того, щоб прислуховуватись до звуків, що надходять ззовні [5].

Таким чином прилади зі звуковою індикацією не забезпечують потрібної ефективності, бо перевантажують слухову систему людини.

Невдачі при безпосередній передачі інформації у мозок пояснюються складністю технології імплантування пристроїв у тканини мозку та тим, що у істот, які не мають зору, не розвиваються відповідні нейрони у біохімічному відношенні. Хімічний аналіз нейронів зорового відділу кори головного мозку показує: в них дуже мало білків та РНК, яка дуже важлива для життєдіяльності організму [6]. Але за орієнтування в просторі в мозку людини відповідають тім'яні долі кори, які у сліпих розвинені не гірше, ніж в інших людей. Вихід з положення полягає в розвитку каналів сприйняття, які сліпий має.

В той же час, у сліпих в компенсацію втраченому зору в порівнянні зі здоровими людьми високо розвинуто тактильне відчуття, тому має сенс провести розробку приладу з кінестетичною індикацією, враховуючи, що тактильне збудження сприймається одночасно та паралельно, що аналогічно паралельному сприйняттю світу різними клітинами сітчатки ока, що дає можливість створювати у мозку просторові образи об'єктів зовнішнього світу. На жаль, поки що не існує приладів для орієнтування

сліпих з кінестетичною індикацією, які задовольнили б сліпих. Так була спроба реалізувати прилад, де індикаторними були імпульси слабкого електричного струму, але позитивних результатів отримати не вдалося [5].

Як відомо, для тактильного сприйняття предметів та явищ оточуючої дійсності необхідно більше часу, ніж при використанні для цього зору. Тому при конструюванні приладу з кінестетичною індикацією, необхідно, з одного боку, намагатися не тільки дати сліпому необхідний об'єм інформації, але й скоротити час сприйняття цього об'єму, тобто подавати моделі об'єктів зовнішнього світу у спрощеній формі [7], а з іншого боку, треба враховувати те, що ситуація навколо сліпого може змінюватись досить швидко. Відомо, що за 300 мілісекунд після початку стимуляції найінерційніших тактильних рецепторів у нерві, який відходить від них, встановлюється постійна кількість нервових імпульсів [8]. Звідси випливає доцільність обновлювати кінестетичний образ не частіше трьох разів на секунду.

За способом сканування навколишнього простору прилади для орієнтування сліпих поділяють на:

- 1) прилади з активною локацією:
 - прилади зі звуковим скануванням;
 - прилади з ультразвуковим скануванням;
 - прилади зі скануванням звичайним та інфрачервоним світлом;
- 2) прилади з пасивною локацією:
 - прилади з телевізійним скануванням.

Прилади зі звуковим активним скануванням навколишнього простору не є довершеними, бо до корисних сигналів додаються завади у великій кількості, також до їх істотних недоліків відноситься низька розрізнявальна здатність за дальністю [2].

З точки зору локації ультразвук має такі властивості:

- має малу довжину хвилі при відносно низькій частоті, що дозволяє створювати приладдя без застосування дорогої спеціалізованої елементної бази;
- можна випромінювати вузьким, майже паралельним пучком, що дуже складно отримати для звуку, який можна слухати;
- поглинається у повітрі тим більше, чим більше його частота, тому для локації в повітрі має сенс використовувати діапазон від 20 до 100 кГц при максимальній дальності близько 10 метрів [9].

В природі є велика кількість прикладів природних сонарів – локаторів, які використовують ультразвук. Такі сонари має більшість видів кажанів та дельфінів. Так пласконосі кажани для локації використовують складні ширококутові сигнали. Зараз більшість дослідників [9] схиляються розглядати слухову систему пласконосних кажанів як гнучкий оптимальний узгоджений фільтр, призначений для сприйняття тільки свого відбитого сигналу. Точність порівняння прийнятого та випроміненого сигналів забезпечується тим, що в момент випромінювання слухова система в послабленому вигляді сприймає сигнал, який випромінюється. Цей сигнал зберігається в мозкових центрах до сприйняття відбитого сигналу. Таким чином, уся система є настроєною на прийом визначеної луни. При проходженні ширококутового відбитого сигналу через такий узгоджений фільтр відбувається стискування імпульсу. Завдяки цьому можна легко подолати взаємні завади кажанів, які пов'язані з одночасним випромінюванням локаційних імпульсів багатьох кажанів у великій колонії [9].

Технічне моделювання локатора кажана поки що можливе лише наближено, але на цьому принципі вже створені деякі прилади для орієнтації сліпих у просторі.

До недоліків ультразвукових локаційних приладів можна віднести: по-перше, повстає питання, як звільнитись від взаємних завад одного приладу іншому, бо звичайно сліпі живуть в одному місці; по-друге, деякі сліпі використовують собак як поводитирів, які дуже чутливі до ультразвуку, що може призвести до конфлікту між користувачами ультразвукових "поводирів" та собаками; по-третє, деякі люди також чутливі до ультразвуку – у них можливе виникнення сильного головного болю.

Альтернативою ультразвуку в цьому застосуванні є звичайне та інфрачервоне світло. Робота фотоелектролокатора здійснюється таким чином: джерело світла посилає у простір промінь світла, який, зустрівши перепону, відбивається від неї та попадає на фотоелемент, в якому збуджується електричний струм, що перетворюється в звуковий сигнал. Існує багато конструкцій локаторів, але усі вони мають істотний недолік: промінь світла, що посилається у простір, має бути спрямованим під прямим кутом, або близьким до нього, до поверхні перепони, в інших випадках перепона не виявляється [7].

Незважаючи на те, що усі вищезгадані локаційні прилади дозволяють сліпим своєчасно виявити перепону при пересуванні, вони все ж таки не знаходять у них широкого вжитку при орієнтуванні у просторі. Це пояснюється тим, що сліпому для пересування у просторі не достатньо тільки виявити перепону, йому потрібна також додаткова інформація про навколишнє середовище [7]. Виходом з цього положення є пасивна локація за допомогою телекамери.

Автором статті було теоритично розроблено прилад, який об'єднує у собі найбільш ефективний спосіб сканування навколишнього простору за допомогою телевізійної камери та ефективніший спосіб індикації – тактильний.

З відомих приладів для орієнтування сліпих найбільш близьким до винаходу є ультразвуковий локатор для сліпих [7], у якого індикаторна система виконана у вигляді звукового сигналізатора та двох тактильних сигналізаторів, які дають сліпому змогу узнати чи знаходиться перешкода у безпосередній близькості, чи вона є у віддаленій зоні. Тактильні сигналізатори є загальною ознакою приладу прототипу та винаходу. Проте, на відміну від запропонованого пристрою, тактильні сигналізатори у прототипі виконують лише допоміжну функцію, що не дозволяє максимально використовувати здібності тактильного апарату людини. З іншого боку, прототипом приладу, що пропонується, є розробки голландського інженера Майєра [13]. За методом Майєра висхідний сигнал відеокамери перетворюється у звукову фразу. Концепція системи та її прототип, який має назву "The voice", були створені в 1993 році. The voice огрублює зображення, отримане камерою, до картинки розришенням 64×64 точки при 16 градациях сірого. Потім зображення сканується по стовпчиках, при цьому кожній точці ставиться у відповідність звук визначеної частоти (чим вище у стовпчику розташовано піксел, тим вище частота), гуцність залежить від інтенсивності забарвлення. Звуки, які відповідають стовпцям, відтворюються один за іншим, а кінець кадру визначається щигликом. Кадр передається за 1 секунду.

Прилад, що пропонується, сприймає інформацію про навколишнє середовище та перетворює її у форму, яку можна відображати за допомогою кінестетичного індикатора. Роботу приладу можна описати за допомогою формули:

$$y(t) = L \times x(t), \quad (1)$$

де $x(t)$ – вхідні дані, які надходять від телекамери; $y(t)$ – вихідні дані, якими керується кінестетичний індикатор; L – оператор перетворення, який перетворює сигнали від телекамери в сигнали керування кінестетичним індикатором. Таким чином прилад складається з трьох частин: блока вводу інформації, блока перетворення інформації та блока виводу інформації.

Відеокамера використовується як блок вводу інформації, блоком виводу інформації є кінестетичний індикатор, який викликає просторове подразнення шкірних рецепторів.

Шкіра людини має добре розвинутий та функціонально рухомий тактильний апарат, в якому найменшою інерційністю відрізняються рецептори реєстрації дотику. Тому найбільш доцільна розробка кінестетичного індикатора, який спрямований на подразнення тактильних рецепторів вібрацією. Збудливість цих рецепторів максимальна при частотах механічних коливань від 40 до 500 Гц. Точність оцінки частоти коливань, які перетворюються в нервові імпульси, досягає 10 %. Найкоротший проміжок часу між двома послідовно-розпізнаваними подразненнями для тактильного апарату людини дорівнює 2 мілісекунди [15]. На різних ділянках шкіри тактильна чутливість має різний розвиток. Найчутливішими ділянками шкіри є кінчики пальців та губ, поріг подразнення тут становить 50 мг. Також ці ділянки відрізняються найнижчим значенням порогу просторового розрізнення, який тут становить 2 мм. Здатність людини дуже тонко локалізувати тактильні відчуття виробляється протягом життя.

Зрозуміло, що тактильна чутливість має велике біологічне значення для всієї поверхні тіла, але першочерговим є дотик руками та взаємодія рук у процесі дотику, причому встановлено, що пізнавальна здатність правої та лівої руки неоднакова, тобто має місце так звана функціональна сенсорна асиметрія.

Тактильне впізнання предмету має найбільший успіх, коли воно виконується бімануально, причому коли людина використовує праву та ліву руки почергово. Можна говорити, що у свідомості для багатьох предметів існують тактильні образи від правої та лівої руки. "З'єднання" цих образів дозволяє впізнавати предмети точніше та швидше [10]. Сліпий має розширяти свою "бібліотеку" кінестетичних образів для успішного користування запропонованим приладом.

Реалізувати поверхню для подразнення тактильних рецепторів можна з множини віброуючих точок. Наприклад, цю поверхню можна реалізувати за допомогою множини п'єзокристалів.

Блок вводу інформації реалізується за допомогою телекамери, що дозволяє не створювати завади користувачам подібної апаратури.

В блоці перетворення інформації відбувається перетворення відеосигналу в сигнал, який управляє кінестетичним індикатором. Обробка інформації в цьому блоці може бути як цифровою, так і аналоговою. Але, оскільки в індикаторі використовується множина одночасно віброуючих п'єзокристалів, то також необхідна множина одночасно працюючих генераторів. Оскільки частоти, які потрібно генерувати, знаходяться у смузі від десятків до сотень герц, то для аналогової реалізації необхідні конденсатори або індуктивності великих номіналів. Такі радіодеталі мають досить великі розміри, тому з їх застосуванням різко зростають вага та розміри проектованого пристрою. Тому тут доцільна цифрова обробка інформації. При цифровій реалізації джерела низьких частот легко створюються на основі мініатюрних дільників високої частоти.

Пропонується такий алгоритм функціонування приладу, що проектується: відеосигнал поділяється на сигнали:

- а) які мають інформацію про освітлення даного елемента світлочутливого поля телевізійної камери;
- б) які мають інформацію про координати даного елемента в світлочутливому полі камери.

Субалгоритм обробки інформації про освітлення елемента світлочутливого поля камери має вигляд:

- 1) перетворення аналогового сигналу у цифровий;
- 2) узгодження отриманого коду з кодом потрібної частоти сигналу;
- 3) запам'ятовування коду потрібної частоти сигналу;
- 4) фізичний виклик сигналу з потрібною частотою за кодом, що запам'ятовується.

Субалгоритм обробки інформації про координати елемента в світлочутливому полі камери:

- 1) виділення кожного шістнадцятого кадру з послідовності кадрів, що передаються (стандартна телекамера передає у секунду 50 кадрів);
- 2) завантаження розгортаючих пристроїв, які керують вибором п'єзокристала в матриці індикатора;
- 3) розгортка індикатора з підведенням відповідних частот до п'єзокристалів;
- 4) обнуління розгортаючих пристроїв.

Перший субалгоритм циклічно повторюється під час виконання другого субалгоритму. Число повторень відповідає кількості п'єзокристалів в індикаторі. Другий субалгоритм циклічно повторюється приблизно три рази на секунду.

Прилад для орієнтації сліпих містить телекамеру 1, пристрій 2 розділення, АЦП 3, генератор 4 тактових імпульсів, пристрій 5 селекції кадрів, пристрої 8, 9 розгортання матриці п'єзокристалів по горизонталі та по вертикалі з відповідними пристроями 6, 7 обнуління та завантаження і тактильний індикатор 14, який містить прямокутну матрицю чарунок 15, кожна з яких має у своєму складі пристрій 12 запам'ятовування коду (ПЗК), пристрій 11 дозволу (ПД) та кероване джерело 10 частоти (КДЧ) з під'єднаним до нього п'єзокристалом 13.

Сигнал телекамери 1, яка сканує навколишнє середовище, за допомогою пристрою 2 розділення розкладається на дві складові, одна з яких містить інформацію про освітленість чарунки світлочутливого поля телекамери 1, а інша має інформацію про координати цієї чарунки у світлочутливому полі телекамери 1. Перша складова оцифровується за допомогою аналого-цифрового перетворювача та подається до чарунки 15 індикатора 14, яка обирається згідно з координатною складовою за допомогою пристрою дозволу, який містить кожна чарунка 15. Код освітлення запам'ятовується у пристрої 12 запам'ятовування коду. Відповідно до цього коду кероване джерело 10 частоти обирає потрібну частоту з низки частот, які подаються з генератора 4 тактових імпульсів. Ці частоти знаходяться у межах сприйняття та розпізнавання тактильного апарату людини. Пристрій 5 селекції кадрів забезпечує перетворення у вібраційний вигляд тільки тієї кількості кадрів за одиницю часу, яка може бути сприйнята людиною за конкретних умов використання. Пристрої 6, 7 обнуління та завантаження забезпечують роботу пристроїв 8, 9 розгортки матриці тактильного індикатора 14 та керуються генератором 4 тактових імпульсів та пристроєм 5 селекції кадрів.

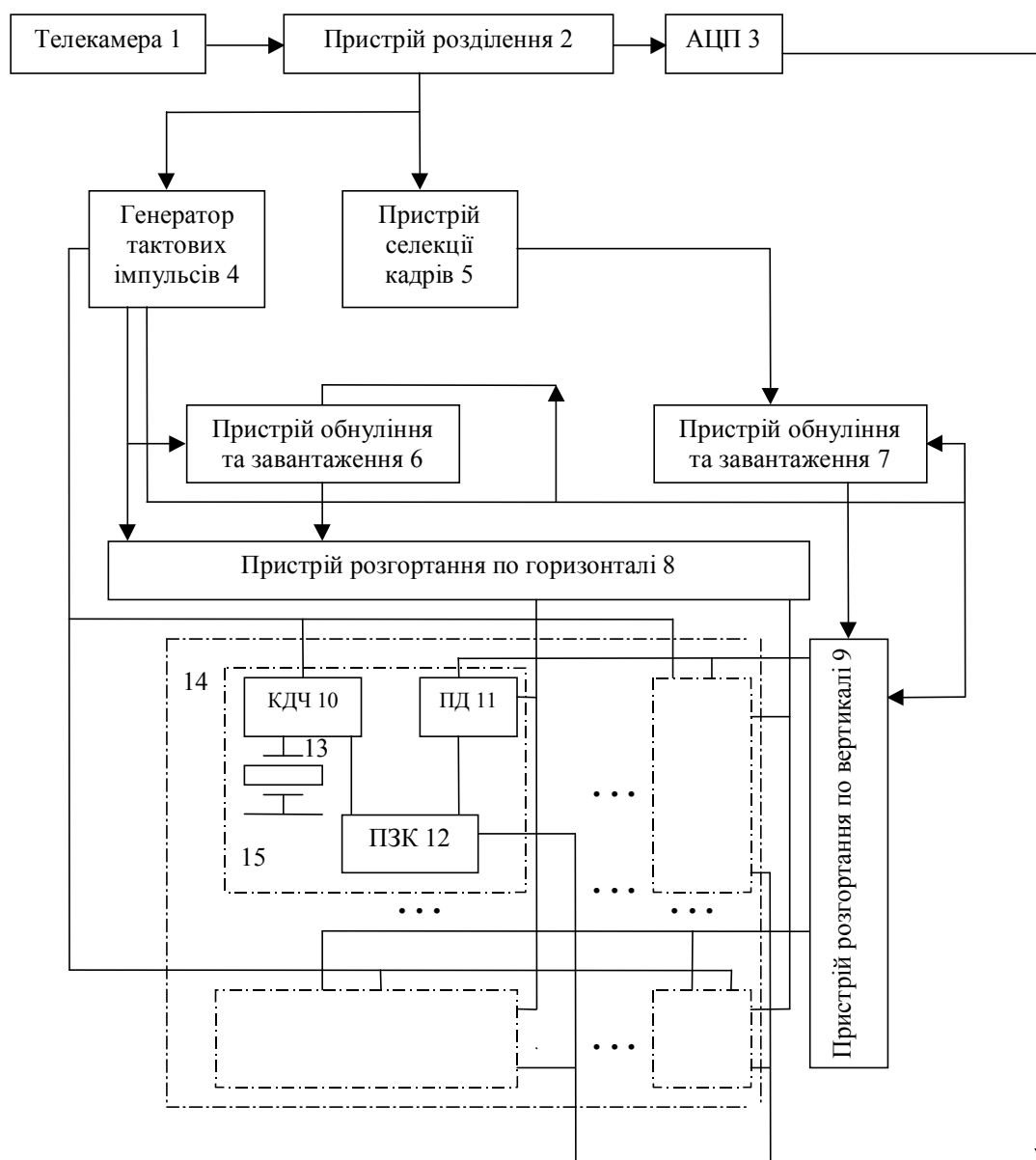


Рис. 1. Блок-схема приладу

Як вже говорилося, шкіра поверхні долоні є найбільш чутливою. Тому доцільно розробляти кінестетичний індикатор саме для цієї частини тіла. Через те, що просторовий поріг розрізнення вібраційних впливів складає для долоні величину приблизно рівну двом міліметрам, то розміри ділянки не повинні перевищувати $2 \times 2 \text{ мм}^2$. Оскільки розмір високочутливої частини долоні середньої людини складає $10 \times 12 \text{ см}^2$, то кінестетичний індикатор повинен мати 50×60 ділянок. Оскільки пристрій розгортки пропонується реалізувати на основі цифрових інтегральних мікросхем, то слід згадати, що у більшості з них кількість виводів ділиться на чотири. В такому разі кількість ділянок в кінестетичному індикаторі також повинна ділитись на чотири, тобто індикатор повинен мати 48×60 ділянок. Це забезпечує досить детальну передачу образів, про що свідчать досліди голландського інженера Майєра [8].

Діапазон частот, за яких збудливість тактильних рецепторів максимальна, як вже було сказано, складає від 40 до 500 Гц при точності оцінки частоти 5–10%. Доцільно поділити цей діапазон таким чином, щоб сусідні частоти чітко розрізнялись тактильним апаратом. Для цього необхідно, щоб одна частота відрізнялась від іншої не менше ніж на 20%. Тому необхідно мати набір з 6–7 частот, отриманий шляхом поділу якоїсь більш високої частоти.

Оскільки у системі пропонується використовувати стандартну телевізійну камеру, то час заміни вібраційної картини повинен відповідати часу передачі одного кадру, тобто дорівнювати 20 мс. В той же

час керуєме джерело частоти повинно забезпечувати видачу потрібної частоти від встановлення коду до його заміни на рисунку.

Структурна схема приладу наведена на рисунку 1.

Запропонований прилад дозволяє запобігти недоліків, які властиві вищезгаданим приладам для орієнтування сліпих, але для визначення наскільки запропонований прилад вирішує поставлену проблему необхідне фізичне моделювання приладу та проведення серії експериментів з залученням сліпих добровольців.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Черешанский В.А.* Трость с устройством обнаружения и распознавания пешеходных препятствий для инвалидов по зрению // Медицинская техника. – 1998. – № 1. – С. 32–34.
2. *Жерарден Л.* Бионика. – М.: Мир, 1971. – 232 с.
3. *Акимущикин В.М., Моргулис И.С.* Основы тифлологии. – К.: Украинское общество слепых (УТОС), 1993. – 138 с.
4. *Сеченов И.М.* Осязание как чувство, соответствующее зрению. Избранные философские и психологические произведения. – М.: ОГИЗ, 1947. – 551 с.
5. *Сверлов В.С.* Тифлотехника. – М.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1960. – 160 с.
6. *Демидов В.Е.* Как мы видим то, что видим. – М.: Наука, 1979. – 207 с.
7. Патент СССР № 1053829 МКИ А 61 F 9/08.
8. *Адам Д.* Восприятие, сознание, память. Размышления биолога: Перевод с английского / Перевод Н.Ю. Алексеенко. – М.: Мир, 1983. – 152 с.
9. *Айрапетьянц Э.Ш.* Эхолокация в природе. – Л.: Наука, 1974. – 512 с.
10. Услышать визуальный мир // Компьютерра. – 1998, 8 декабря (#48(276)). – С. 7.
11. *Гальперин С.И.* Физиология человека и животных. – М.: Высшая школа, 1977. – 693 с.
12. *Шостак В.И.* Природа наших ощущений. – М.: Просвещение, 1983. – 127 с.

ДАНДУР'ЯНЦ Олег Иванович – здобувач Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– дослідження можливостей сприйняття людини.

E-mail: ahumado@ukr.net

Подано 10.06.2002

Дандур'янц О.І. Прилад для орієнтування сліпих
Дандурьянц О.И. Прибор для ориентации слепых
Dandur'yants O.I. The device for orientation of blind

УДК 681.2 : 617.7

Прибор для ориентации слепых / О.И. Дандурьянц

В статье производится обзор существующих приборов для ориентации слепых, указываются их недостатки и преимущества, делается предложение нового способа решения проблемы.

УДК 681.2 : 617.7

The device for orientation of blind / O.I. Dandur'yants

In clause the review of existing devices for orientation of blinds is carried out, their lacks and advantages are specified, doing the new proposition of solution of the problem.